



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2007138218/28**, **15.03.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.03.2006

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
16.03.2005 US 60/662,149

(43) Дата публикации заявки: **27.04.2009** Бюл. № 12

(45) Опубликовано: **20.08.2012** Бюл. № 23

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6288804 B1**, **11.09.2001**. **US 6020985 A**, **01.02.2000**. **US 2004096776 A1**, **20.05.2004**. **SU 1833012 A1**, **27.07.1996**.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **16.10.2007**

(86) Заявка РСТ:
US 2006/009249 (15.03.2006)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2006/101873 (28.09.2006)

Адрес для переписки:

**129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Ю.Д.Кузнецову,
рег.№ 595**

(72) Автор(ы):

**ЛОРЕНС Брайан Л. (US),
ДЮБУА Марк (US),
У Пинфань П. (US),
СМОЛЕНСКИ Джозеф Л. (US),
ШИ Сяолэй (US),
БОДЕН Юджин Полинг (US)**

(73) Патентообладатель(и):

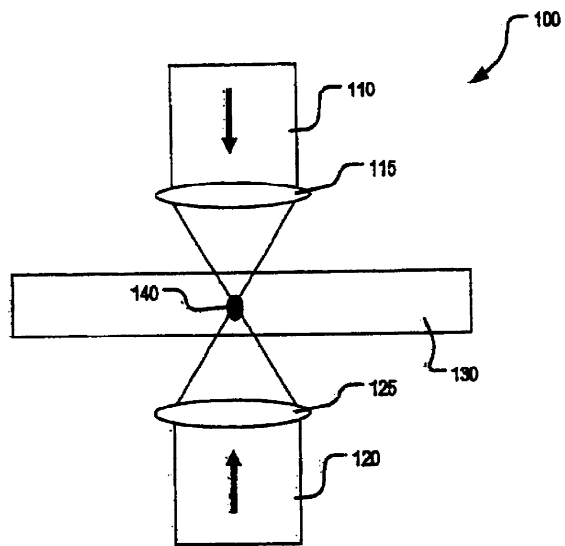
ДЖЕНЕРАЛ ЭЛЕКТРИК КОМПАНИ (US)

(54) УСТРОЙСТВА И СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

(57) Реферат:

Предложены устройства хранения данных и способы хранения и удаления данных. Устройство хранения включает в себя пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных в форме дорожек вдоль множества вертикально упакованных слоев. Подложка проявляет нелинейную оптически чувствительную функциональную характеристику, которая является пороговой

функциональной характеристикой. Устройство содержит множество микроголограмм, каждая из которых содержится в соответствующем одном из объемов. Наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из объемов характеризует участок хранимых данных. Техническим результатом является расширение допуска к разъюстировке записывающей оптики. 5 н. и 31 з.п. ф-лы, 40 ил.



Фиг.1

RU 2 4 5 9 2 8 4 C 2

RU 2 4 5 9 2 8 4 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

G11B 7/0065 (2006.01)**G02B 5/32** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2007138218/28, 15.03.2006**(24) Effective date for property rights:
15.03.2006

Priority:

(30) Convention priority:
16.03.2005 US 60/662,149(43) Application published: **27.04.2009 Bull. 12**(45) Date of publication: **20.08.2012 Bull. 23**(85) Commencement of national phase: **16.10.2007**(86) PCT application:
US 2006/009249 (15.03.2006)(87) PCT publication:
WO 2006/101873 (28.09.2006)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. Ju.D.Kuznetsovu, reg.№ 595**

(72) Inventor(s):

**LORENS Brajan L. (US),
DJuBUA Mark (US),
U Pinfan' P. (US),
SMOLENSKI Dzhozef L. (US),
ShI Sjaolehj (US),
BODEN Judzhin Poling (US)**

(73) Proprietor(s):

DZhENERAL EhLEKTRIK KOMPANI (US)**(54) DEVICES AND METHODS FOR DATA STORAGE**

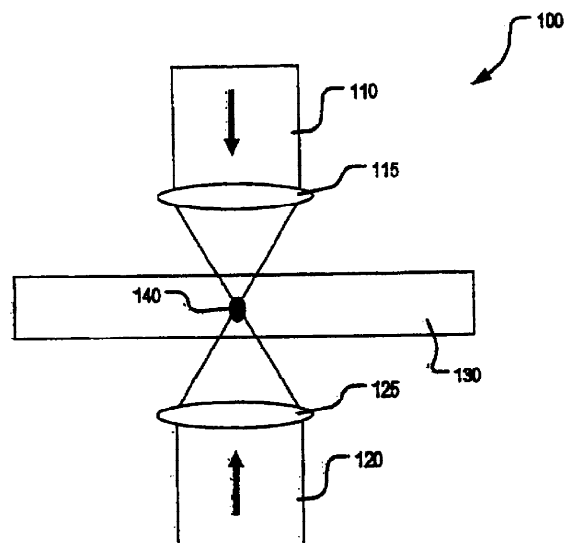
(57) Abstract:

FIELD: information technologies.

SUBSTANCE: storage device comprises a plastic substrate, having multiple volumes arranged in the form of paths along multiple vertically packaged layers. The substrate demonstrates a non-linear optically sensitive functional characteristic, which is a threshold functional characteristic. The device comprises multiple micro-holograms, every of which is contained in the appropriate one of the volumes. Availability or absence of a microhologram in each of volumes characterises a stored data area.

EFFECT: expansion of allowance to misalignment of recoding optics.

36 cl, 40 dwg

**Фиг. 1**

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Настоящее изобретение относится в основном к системам и способам хранения данных, более конкретно, к оптическим системам и способам хранения данных, а также к голографическим системам и способам хранения данных.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Как известно, в настоящее время существует потребность в системах и способах хранения данных. Объемные голографические системы записи в основном используют два встречных лазерных или световых луча, сходящихся внутри фоточувствительного голографического носителя, чтобы сформировать интерференционную картину. Указанная интерференционная картина вызывает изменение или модуляцию показателя преломления голографического носителя. В тех случаях, когда в ответ на данные, которые должны кодироваться, модулируется один из световых лучей, результирующая интерференционная картина кодирует данные модуляции как по интенсивности, так и по фазе. Записанная информация фазы и интенсивности позднее могут детектироваться в ответ на повторное введение немодулированного или опорного светового луча, тем самым восстанавливая закодированные данные как отражения.

Известные "постраничные" голографические запоминающие устройства имеют данные, записанные на голографическом носителе параллельно на 2-мерных массивах или "страницах".

Желательно обеспечить относительно простую, недорогую и надежную систему голографической памяти. Дополнительно, желательны бит-ориентированные системы голографической памяти.

РАСКРЫТИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство хранения данных, включающее в себя: пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных вдоль дорожек (треков) во множестве вертикально упакованных, латерально простирающихся слоев; и множество микроголограмм, каждая из которых содержится в соответствующем одном из объемов; в котором наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из объемов характеризует соответствующий участок хранимых данных.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

В дальнейшем изобретение поясняется описанием конкретных вариантов его осуществления со ссылками на сопровождающие чертежи, на которых подобные части обозначены одинаковыми номерами позиций и на которых:

фиг.1 иллюстрирует конфигурацию для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей,

фиг.2 иллюстрирует альтернативную конфигурацию для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей,

фиг.3 иллюстрирует альтернативную конфигурацию для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей,

фиг.4 иллюстрирует альтернативную конфигурацию для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей,

фиг.5 иллюстрирует альтернативную конфигурацию для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей,

фиг.6 иллюстрирует диаграмму интенсивности света,

фиг.7 иллюстрирует модуляцию показателя преломления в линейном носителе, соответствующую диаграмме интенсивности фигуры 6,

фиг.8 иллюстрирует ожидаемую брэгговскую расстройку голограммы как функцию

дифракционной эффективности от разности температуры записи и температуры считывания,

фиг.9 иллюстрирует ожидаемую брэгговскую расстройку голограммы как функцию дифракционной эффективности от изменения углов,

фиг.10А-10В иллюстрируют изменение интенсивности света и соответствующего показателя преломления в по существу линейном оптически чувствительном носителе,

фиг.10С-10D иллюстрируют изменение интенсивности света и соответствующего показателя преломления в по существу нелинейном оптически чувствительном

носителе,

фиг.11А-11В иллюстрируют изменение интенсивности света и соответствующего показателя преломления в по существу линейном оптически чувствительном носителе,

фиг.11С-11D иллюстрируют изменение интенсивности света и соответствующего показателя преломления в по существу нелинейном оптически чувствительном

носителе,

фиг.12 иллюстрирует ожидаемый коэффициент отражения микроголограммы как функцию модуляции показателя преломления,

фиг.13А и 13В иллюстрируют ожидаемые профили повышения температуры как функцию положения в различные моменты времени,

фиг.14А и 14В иллюстрируют ожидаемые изменения показателя преломления как функцию повышающейся температуры и соответствующих режимов считывания и записи микроголограммы,

фиг.15А-15С иллюстрируют ожидаемые соотношения между энергией падающего светового луча, требуемой для повышения температуры материала до критической температуры, как функции соответствующей оптической плотности потока и нормализованного линейного поглощения, перетяжкой светового луча и расстоянием с использованием обратного насыщающегося поглотителя и коэффициента

пропускания и плотности потока с использованием обратного насыщающегося поглотителя,

фиг.16А и 16В иллюстрируют ожидаемые экспозиции встречных световых лучей внутри носителя и соответствующие повышения температуры,

фиг.16С иллюстрирует ожидаемое изменение показателя преломления,

соответствующее повышениям температуры фигур 16А и 16В,

фиг.17А иллюстрирует изменения нормализованного коэффициента пропускания орто-нитростильбена при 25°C и 160°C как функции времени,

фиг.17В иллюстрирует изменение квантовой эффективности орто-нитростильбена как функцию температуры,

фиг.17С иллюстрирует поглощение диметиламино-динитростильбена как функцию длины волны при 25°C и 160°C,

фиг.18 иллюстрирует трекинг и конфигурацию детектора фокусировки,

фиг.19А-19С иллюстрируют контур моделированного профиля показателя преломления,

фиг.20 иллюстрирует поперечное сечение падающего лазерного луча, «сталкивающегося» об область записанного голографического носителя,

фиг.21А-21С иллюстрируют распределения ближней зоны ($z=-2$ мкм),

соответствующие моделированию круговой микроголограммы фигур 19А-19С,

фиг.22А-22С иллюстрируют распределения дальней зоны, соответствующие распределениям дальней зоны фигур 21А-21С, соответственно,

фиг.23А-23С иллюстрируют контур моделированного профиля показателя

преломления,

фиг.24А-24С иллюстрируют распределения дальней зоны, соответствующие моделированию круговой микроголограммы фигур 23А-23С,

фиг.25А-25С иллюстрируют распределения дальней зоны, соответствующие распределениям дальней зоны фигур 24А-24С, соответственно,

фиг.26А-26D иллюстрирует конфигурацию детектора трекинга и фокусировки и иллюстративные условия измерения,

фиг.27 иллюстрирует сервосистему фокусировки и трекинга,

фиг.28 иллюстрирует форматирование, имеющее спиралеобразные дорожки чередующегося направления,

фиг.29 иллюстрирует различные точки начала и конца дорожки,

фиг.30 иллюстрирует форматирование, включающее по существу круглые микроголограммы,

фиг.31 иллюстрирует форматирование, включающее удлинённые микроголограммы,

фиг.32 иллюстрирует запись внеосевой микроголограммы,

фиг.33 иллюстрирует отражение внеосевой микроголограммы,

фиг.34А-34В иллюстрируют запись и считывание внеосевой микроголограммы,

фиг.35 иллюстрирует конфигурацию приготовления сопряженного образцового носителя микроголографического носителя,

фиг.36 иллюстрирует конфигурацию приготовления образцового носителя сопряженного микроголографического носителя,

фиг.37 иллюстрирует конфигурацию приготовления образцового носителя микроголографического носителя из сопряженного образцового микроголографического носителя,

фиг.38 иллюстрирует конфигурацию приготовления образцового микроголографического носителя распределения из образцового микроголографического носителя,

фиг.39 иллюстрирует запись данных путем изменения предварительно форматированного микроголографического массива, и

фиг.40 иллюстрирует конфигурацию считывания запоминающего устройства на основе микроголографического массива.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Должно быть понятно, что фигуры и описание настоящего изобретения упрощены, чтобы иллюстрировать элементы, которые важны для ясного понимания настоящего изобретения, при этом, опуская, для ясности, многие другие элементы, которые можно найти в типичных голографических способах и системах. Однако, поскольку такие элементы хорошо известны в уровне техники и поскольку они не способствуют лучшему пониманию настоящего изобретения, обсуждение таких элементов здесь не обеспечивается. Приведенное здесь описание направлено на все вариации и модификации, известные специалистам.

Обзор

Системы объемных оптических запоминающих устройств потенциально могут удовлетворять потребностям хранения данных большой емкости. В отличие от традиционных форматов запоминающих устройств на оптических дисках, таких как форматы компакт-диска (CD) и цифрового многофункционального диска (DVD), в которых цифровая информация хранится в единственном (или самое большее в двух) отражающем слое(-ях), согласно одному из аспектов настоящего изобретения,

цифровое содержимое хранится в локализованных вариациях показателя преломления в множестве объемов, расположенных в вертикально упакованных, латерально расположенных дорожках в носителе данных. Каждая из таких дорожек может задавать соответствующий латерально, например, радиально направленный слой.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, отдельные биты или группы битов данных могут кодироваться в виде отдельных микроголограмм, каждая из которых содержится по существу в соответствующем одном из объемов. В одном из вариантов осуществления носитель или носители имеют форму термопластического диска, получаемого литьевым формованием, который проявляет одну или несколько нелинейных функциональных характеристик. Нелинейные функциональные характеристики могут быть реализованы в виде изменения показателя преломления, который является нелинейной функцией энергии воздействия, такой как интенсивность или энергия падающего оптического излучения или нагрева. В упомянутом варианте осуществления, генерируя интерференционные полосы внутри некоторого заданного объема носителя, можно селективно кодировать в этом объеме один или несколько битов данных в виде более поздней детектируемой модуляции показателя преломления. Таким образом, для хранения данных может быть использована трехмерная молекулярная фоточувствительная матрица изменений показателя преломления.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, нелинейная функциональная характеристика может устанавливать условие пороговой энергии, ниже которой не происходит никаких существенных изменений показателя преломления и выше которой индуцируется измеряемое изменение показателя преломления. Таким образом, выбранный объем может считываться или восстанавливаться посредством столкновения падающего светового луча, имеющего передаваемую энергию ниже пороговой, и записываться или стираться с использованием светового луча, имеющего передаваемую энергию выше пороговой. Соответственно, могут устанавливаться плотные матрицы объемов, каждый из которых может иметь или не иметь микроголограмму, по существу заключенную в них. Каждая из микроголограмм осуществляется как чередующаяся конфигурация подобластей, имеющих различные показатели преломления, которые соответствуют интерференционным полосам встречных световых лучей, используемых для записи микроголограмм. В случаях, когда модуляция показателя преломления быстро затухает как функция расстояния от заданного объема, такого как закодированный битовый центр, объемы можно упаковать более плотно.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, изменения показателя преломления в конкретном объеме могут быть индуцированы локализованными профилями распределения температур, соответствующими интерференционным полосам встречных лазерных лучей, проходящих через этот объем. В одном из вариантов осуществления, изменение показателя преломления происходит в результате разности плотности между аморфным и кристаллическим состоянием термопластического носителя. Переход из одного состояния в другое может селективно индуцироваться в заданных объемах носителя посредством термической активизации субобъемов заданного объема на интерференционных полосах в нем. Альтернативно, изменения показателя преломления могут индуцироваться посредством химического изменения внутри субобъемов заданного объема носителя, таких как химическое изменение, происходящее в красителе или другом катализаторе (например, тепловом катализаторе) внутри красителя, расположенного внутри

заданного объема. Такое химическое изменение также может селективно индуцироваться с использованием термической активизации.

Конфигурация, применяющая нелинейно реагирующий носитель, хорошо подходит для использования с целью обеспечить бит-ориентированный (противоположно постраничному) микроголографический носитель и систему, которая использует один остросфокусированный световой луч, сфокусированный, незначительно сфокусированный или несфокусированный отраженный световой луч. Такая конфигурация обеспечивает преимущества, включающие в себя улучшенное допустимое отклонение к разъюстировке записывающей оптики и более простые, менее дорогие микроголографические системы. Таким образом, отражающий элемент с маленькой кривизной или без нее может быть использован в микроголографической системе согласно одному из аспектов настоящего изобретения. Одна поверхность диска записи данных может быть использована в качестве отражающего элемента (с отражающим покрытием или без него).

Например, термопластический носитель, получаемый литьевым формованием, с признаками низкой кривизны может быть сформован на поверхность носителя и может быть металлизирован и может использоваться для генерации отражения, а также для трекинга. Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, термопластический носитель может быть сформован, чтобы объединить незначительно искривленные элементы в диск, который затем может использоваться для генерации отражений с более высокой плотностью мощности. Указанные признаки могут быть адаптированы для трекинга, подобно бороздкам на DVD диске. Далее, для коррекции отраженного светового луча могут быть использованы один или несколько элементов. Например, сферическое зеркало может быть использовано для генерации коллимированного лазерного луча, а жидкокристаллическая ячейка может быть использована для смещения разности хода лучей, генерируемой при прохождении к различным слоям. Или, вблизи поверхности носителя может быть расположен голографический слой, действующий как дифракционный элемент, так чтобы обеспечить коррекцию светового луча. Для генерации отражения может быть использовано наружное зеркало или поверхность диска.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, считывание данных на различных слоях может быть различным. Вследствие того, что отражения имеют различные аберрации на различных слоях, аберрация может использоваться для индексирования слоев в процессе фокусировки. Конструкции на обратной стороне диска могут быть использованы, чтобы обеспечить лучшее управление характеристиками отраженного светового луча, чтобы увеличить эффективную дифракционную силу. Для использования подходят многослойные покрытия и/или поверхностные структуры (подобные структурам дисплейных пленок). Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, для снижения шума и для управления ориентацией микроголограмм также могут быть использованы конструкции, которые поглощают наклонно падающие световые лучи и отражают перпендикулярные световые лучи. Далее, дифракционная сила микроголограмм необязательно должна быть одинакова для различных слоев. Для записи на различных слоях может быть использовано распределение мощности.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, могут быть задействованы микроголограммы записи, использующие один сфокусированный световой луч и один плоский световой луч в материале с некоторым порогом. Хотя такой способ может применять два входных световых луча, требования юстировки являются менее

строгие, чем в известных методах, хотя ориентация и сила микроголограмм остаются хорошо управляемыми и однородными по слоям. Также может лучше прогнозироваться сигнал считывания.

Однобитовая голография

5 Однобитовая микроголография представляет несколько преимуществ для оптического хранения данных над другими голографическими методами. На фиг.1 показана иллюстративная конфигурация для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей. На ней микроголографическая
10 запись получается в результате двух встречных световых лучей 110, 120, интерферирующих, чтобы создать интерференционные полосы в объеме 140 носителя 130 записи. Интерференция может быть достигнута посредством фокусировки световых лучей 110, 120 на практически дифракционноограниченных
15 диаметрах (как например, 1 микрометр (мкм) или меньше) на заданном объеме, например, заданное местоположение, внутри носителя 130 записи. Световые лучи 110, 120 могут быть сфокусированы с использованием обычной линзы 115 для светового луча 110 и линзы 125 для светового луча 120. Хотя показана простая система линз, конечно, могут быть использованы форматы составных линз. Специалисты в данной
20 области техники поймут, что световые лучи 110 могут быть как сходящиеся, так и расходящиеся.

Фиг.2 показывает альтернативную конфигурацию 200 для формирования голограммы внутри поддерживающего носителя с использованием встречных световых лучей. В конфигурации 200, линза 125 заменена сферическим зеркалом 220,
25 так что сфокусированное отражение 120 светового луча 110 интерферирует с самим световым лучом 110. Конфигурации 100, 200 требуют высокоточной юстировки обеих линз 115, 125 или линзы 115 и зеркала 220 друг относительно друга. Соответственно, системы микроголографической записи, использующие указанные конфигурации, ограничиваются устойчивыми, свободными от вибрации средами, такими как те,
30 которые используют обычные высокоточные координатные столики.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, для записи может быть использован сфокусированный, незначительно сфокусированный или
несфокусированный отраженный световой луч (относительно встречного
35 сфокусированного светового луча). Фиг.3 показывает альтернативную конфигурацию 300 для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей. Конфигурация 300 использует несфокусированное встречное отражение 310 светового луча 110 от зеркала 320. В иллюстративном
40 варианте осуществления зеркало 320 имеет форму по существу плоского зеркала.

Фиг.4 показывает альтернативную конфигурацию 400 для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей. Конфигурация 400 использует незначительно сфокусированное встречное
отражение 410 светового луча 110 от зеркала 420. Иллюстрируемый вариант
45 осуществления конфигурации 400 также включает в себя элемент 425 коррекции оптической длины пути, который может иметь форму, например, жидкокристаллической ячейки, клиновидного стекла или пары клиньев.

Фиг.5 иллюстрирует другую альтернативную конфигурацию 500 для формирования голограммы внутри носителя с использованием встречных световых лучей. Подобно
50 конфигурации 300 (фиг.3) конфигурация 500 использует по существу плоскую отражающую поверхность. Однако, чтобы обеспечить отражение 510 светового луча 110, конфигурация 500 использует часть 520 самого носителя 130. Часть 520

может иметь форму отражающей (например, металлопокрытой) задней поверхности носителя 130, отражающего слоя внутри носителя 130, или одна, или несколько голограмм по существу формируют отражающую поверхность носителя 130, причем все это не ограничивающие примеры.

В конфигурациях 300, 400 и 500 световой луч 110 имеет меньший размер пятна и более высокую плотность мощности в заданном объеме или области, чем световой луч 310, 410, 510, так что размеры микроголограммы будут определяться по размерам меньшего размера пятна. Потенциальный недостаток для разности плотности мощности между двумя световыми лучами представляет собой результирующий пьедестал или постоянную составляющую в интерференционной картине. Такой пьедестал или постоянная составляющая занимают значительную часть пропускной способности записи (динамический диапазон) материала 130, где материал 130 проявляет линейное изменение показателя преломления с наблюдаемой интенсивностью экспонирования.

Фиг.6 показывает, что наблюдаемая интенсивность света от встречных световых лучей изменяется в зависимости от положения, тем самым формируя интерференционные полосы. Как показано на фиг.7, в материале с линейным откликом, у которого показатель преломления изменяется по существу линейно в зависимости от воздействующей интенсивности света относительно n_0 , таким образом, (относительно) несфокусированный световой луч может растрчивать динамический диапазон в объеме намного большем, чем заданный объем, соответствующий желательной голограмме, тем самым снижая возможную отражательную способность других объемов и микроголограмм. Динамический диапазон также растрчивается по глубине носителя, где встречные световые лучи находятся также при нормальном падении (см., например, фиг.1 и 2).

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, такое растрчивание динамического диапазона в подверженных воздействию объемах, отличных от заданного объема, во время формирования голограммы смягчается посредством использования материала записи, проявляющего нелинейный отклик на воздействующую плотность мощности. Другими словами, носитель, проявляющий нелинейное свойство записи, используется в комбинации с микроголографическим подходом. Свойство нелинейной записи материала используется, чтобы облегчить запись, которая является нелинейной функцией интенсивности света (например, квадратной, кубической или порогового типа), так что запись происходит по существу только выше некоторой интенсивности света. Такая характеристика нелинейной записи материала снижает или устраняет растрчивание динамического диапазона в не адресованных объемах и способствует снижению размеров микроголограмм, и содействует снижению размеров микроголограмм и таким образом заданных объемов.

Фиг.10А-10В и 11А-11В иллюстрируют характеристики записи линейного носителя записи, тогда как фиг.10С-10D и 11С-11D иллюстрируют характеристики записи нелинейного носителя записи порогового типа. Более конкретно, фиг.10А-10D показывают, что два интерферирующих сфокусированных встречных световых луча, показанных на фиг.1 и 2, производят модуляцию интенсивности света, где положение 0 (посередине между -0,5 и 0,5) соответствует фокусной точке вдоль толщины носителя обоих сфокусированных световых лучей. В случае носителя, представляющего линейные свойства записи, будет получаться модуляция показателя преломления, подобная показанной на фиг.10В, которая согласуется с профилем интенсивности, показанным на фиг.10А. Хотя модуляция показателя преломления

может быть в конечном счете максимизирована вблизи положения 0, следует отметить, что она может распространяться по существу по полной толщине материала и не ограничивается, например, значениями положений (абсциссы) на фиг.10B, так что результирующее микроголограммы по существу не содержатся
 5 внутри конкретного объема в пределах носителя, где многочисленные объемы упаковываются друг над другом. С другой стороны, в нелинейном или в проявляющем пороговое свойство носителе записи (пороговое условие показано на фиг.10D) запись 1010 происходит по существу только в объемах, где достигается
 10 пороговое условие 1020, так что результирующие микроголограммы по существу содержатся внутри конкретного объема, в котором многочисленные объемы упаковываются друг над другом. Фиг.10D показывает, что микроголограмма, включающая интерференционные полосы, простирается приблизительно на 3 мкм. Подобные характеристики проявляются в поперечных измерениях микроголограммы,
 15 как иллюстрируется на фиг.11A-11D. Как демонстрируется в связи с этим, нежелательное растрачивание динамического диапазона незадаанных объемов носителя уменьшается путем использования материала с нелинейным откликом порогового типа.

Хотя для объяснения обсуждается материал порогового типа с нелинейным откликом, должно быть понятно, что в первом порядке приближения амплитуда модуляции показателя преломления варьируется линейно в зависимости от интенсивности света в материале с линейным откликом (см. фигуры 10A-10B, 11A-11B). Таким образом, даже хотя материал, имеющий порог записи, может
 25 оказаться особенно желательным, материал, который проявляет нелинейную оптическую характеристику при экспонировании, в котором амплитуда модуляции показателя преломления варьируется, например, подобно мощности больше единицы (или комбинации мощностей), будет значительно уменьшать растрачивание динамического диапазона в других объемах, подвергаемых воздействию.

Снова возвращаясь к материалу порогового типа с нелинейным откликом и снова обращаясь к фигурам 10C-10D, 11C-11D, носители с пороговым откликом функционируют под действием оптически индуцированного изменения 1010 показателя преломления по существу только тогда, когда плотность падающей
 35 энергии или плотность 1015 мощности выше порога 1020. Ниже порога 1020 носители по существу не подвергаются изменению показателя преломления. Один из встречных световых лучей, например отраженный световой луч, используемый для записи, может быть сфокусированным (фиг.1 и 2), незначительно сфокусированным (фиг.4) или даже не сфокусированным (фиг.3 и 5). Несмотря на это, использование упомянутого
 40 материала с пороговым откликом имеет эффект снижения требований допустимых пределов фокусировки. Другое преимущество состоит в том, что отражающее устройство может внедряться в носители, такие как диск, аналогично существующей технологии оптических устройств хранения, таких, которое например, иллюстрируется
 45 на фиг.5.

Как показано на фиг.8 и 9, использование меньших микроголограмм, в противоположность большим постраничным голограммам, обеспечивает улучшенное допустимое отклонение системы к температурным флуктуациям и угловым
 50 смещениям. Фиг.8 иллюстрирует ожидаемую брэгговскую расстройку голограммы ($\propto 1/L$, где L длина голограммы) как функцию разности температуры записи и считывания. Номер позиции 810 соответствует ожидаемым рабочим характеристикам микроголограммы, тогда как номер позиции 820 соответствует ожидаемым рабочим

характеристикам постраничной голограммы. Фиг.9 иллюстрирует ожидаемую брэгговскую расстройку голограммы ($\propto 1/L$, где L длина голограммы) как функцию от изменения углов. Номер позиции 910 соответствует ожидаемым рабочим характеристикам микроголограммы, тогда как номер позиции 920 соответствует

ожидаемым рабочим характеристикам постраничной голограммы. Далее для объяснения, но не для ограничения, входящий световой луч, сфокусированный в пятно, размеры которого практически достигают размеров, определяемых дифракцией, может быть отражен с незначительной фокусировкой или вообще без фокусировки, так что отраженный световой луч является несфокусированным (или незначительно сфокусированным) относительно встречного сфокусированного входящего светового луча. Отражательный элемент может находиться на поверхности диска и может иметь форму, например, плоского зеркала или сферического зеркала с небольшой кривизной. Если между сфокусированным световым лучом и отражением возникает некоторое смещение, то интерференционная картина будет зависеть от местоположения сфокусированного светового луча, где отраженный световой луч имеет относительно большую кривизну на своем фазовом фронте. Большая кривизна создает небольшую вариацию плотности мощности, когда сфокусированное световое пятно перемещается относительно отраженного светового луча.

Материал с нелинейным откликом Пример 1

В качестве кандидата носителей для голографических систем хранения были предложены фотополимеры. Фотополимерные носители, прослоенные в гелеобразном состоянии между стеклянными подложками, имеют приемлемые изменения показателя преломления и чувствительность записи. Однако желательно обеспечить упрощенную структуру, такую как формованный диск. Далее, фотополимерные системы чувствительны к условиям окружающей среды, например к освещению окружающей среды, и часто требуют специального обращения предварительно, во время и даже иногда после процесса записи. Также желательно устранить указанные недостатки.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, в качестве голографического носителя хранения данных используется полимерный материал с переходом из одной фазы в другую, в котором модуляция показателя преломления индуцируется посредством экспонирования световым лучом. В одном из вариантов осуществления детектируемое изменение показателя преломления происходит в результате локализованных термически индуцированных изменений между аморфными и кристаллическими компонентами материала. Тем самым обеспечивается потенциально большая модуляция показателя преломления, индуцированная с использованием малых энергий. Такой материал также может обеспечить пороговое условие, при котором энергии оптического экспонирования ниже некоторого порога имеют маленькое влияние или вообще не имеют влияния на показатель преломления материала, тогда как энергии оптического экспонирования выше порога вызывают детектируемые изменения показателя преломления.

Более конкретно, полимерный материал с индуцируемым изменением фазы может обеспечить большие изменения ($\Delta n > 0,01$) показателя преломления с хорошей чувствительностью ($S > 500$ или более см/Дж) на устойчивой к воздействиям окружающей среды термопластической подложке, полученной методом инъекционного формования. Дополнительно, такой материал также предлагает потенциал использования порогочувствительного процесса записи, позволяющего использовать лазер одной и той же длины волны как для записи, так и для считывания,

при этом предотвращая существенное ухудшение хранимых данных вследствие экспонирования рассеянным светом. В одном из вариантов осуществления детектируемое изменение показателя преломления соответствует разности показателя преломления между аморфным и кристаллическим состояниями одного из

5 компонентов сополимерной термопластической подложки. Такая подложка может быть приготовлена посредством повышения температуры сополимера выше температуры плавления (T_m) и быстрого охлаждения или закаливания материала, чтобы заставить ранее кристаллические компоненты материала охлаждаться в

10 аморфное состояние.

Как показано на фиг.14А и 14В, световые лучи интерферируют внутри заданных объемов материала, локально нагревая его субобъемы, соответствующие интерференционным полосам, в результате поглощения в них энергии. Как только локальная температура поднимается выше критической температуры, например

15 температуры стеклования (T_g) (фиг.14А), кристаллические компоненты материала плавятся и впоследствии охлаждаются в аморфное состояние, что приводит к отличию показателя преломления относительно других объемов, находящихся в кристаллическом состоянии в материале. Альтернативно, критическая температуры

20 может быть близка к температуре (T_m) плавления материала с компонентами из нанодоменов. Независимо от этого, если энергия падающего светового луча недостаточна, чтобы повысить температуру материала выше критической температуры, то по существу никаких изменений не происходит. Последнее показано на фиг.14Б, на которой оптическая плотность потока выше некоторого критического

25 значения F_{crit} вызывает фазовое изменение, приводящее к записи голограммы, и оптическая плотность потока меньше критического значения F_{crit} по существу не вызывает изменений - и таким образом, является подходящей для считывания записанной голограммы, и следовательно, для восстановления записанных данных.

30 Для целей дальнейшего не ограничивающего объяснения критическое значение задается формулой

$$F_{CRIT} = L \times \rho \times c_p \times \Delta T ,$$

(где L - длина или глубина микроголограммы, ρ - плотность материала, C_p -

35 удельная теплоемкость материала и ΔT - испытываемое температурное изменение (то есть, $T_g - T_0$, где T_g - температура стеклования материала и T_0 - температура окружающей среды). Например, где используется поликарбонат, имеющий плотность $1,2 \text{ г/см}^3$ и удельную теплоемкость $1,2 \text{ Дж/}^\circ\text{К} \times \text{г}$, длина микроголограммы

40 составляет $5 \times 10^{-4} \text{ см}$ и изменение температуры составляет 125°C(K) , $F_{crit} = 90 \text{ мДж/см}^2$. Переводя в энергетические термины, энергия (E_{crit}), необходимая, чтобы достичь критической плотности потока F_{crit} , составляет

$$E_{CRIT} = F_{CRIT} \times A = F_{CRIT} \times \frac{\pi w_0^2}{2}$$

где A - поперечная площадь голограммы и w_0 - перетяжка светового луча. Энергия в фокусе E_F , необходимая, чтобы обеспечить E_{crit} , составляет

$$E_F = \frac{E_{CRIT}}{(1 - e^{-\alpha L})} ,$$

где $e^{-\alpha L}$ - пропускание,

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_{NL} F$$

где α_0 - линейное поглощение материала, α_{NL} - нелинейное поглощение материала, F - максимальная падающая оптическая плотность потока и L - длина микроголограммы. Падающая энергия, E_{IN} , подводимая к материалу, чтобы обеспечить необходимую энергию в фокусе, E_F , составляет

$$E_{IN} = \frac{E_{CRIT}}{(1 - e^{-\alpha L}) e^{-\alpha D/2}}$$

где $e^{-\alpha L}$ - пропускание,

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_{NL} F$$

где α_0 - линейное поглощение материала, α_{NL} - нелинейное поглощение материала, F - максимальная падающая оптическая плотность потока и L - длина микроголограммы и D - глубина (или длина) материала (например, толщина диска носителя).

Теперь обратимся к фигурам 15А-15С, на которых, предполагая, что перетяжка светового луча w_0 составляет $0,6 \times 10^{-4}$ см, поперечная площадь голограммы, A , составляет $5,65 \times 10^{-4}$ см². Кроме того, предполагая, что глубина микроголограммы, L , составляет 5×10^{-4} см, и глубина материала D (например, весь диск носителя) составляет 1 мм, прогнозируемое соотношение между падающей энергией, E_{IN} , и α показано на фиг.15А. Далее, предполагая, что линейное поглощение материала, α_0 , составляет 0,018 1/см, и нелинейное поглощение материала, α_{NL} , составляет 1000 см/Дж, (а также, длина материала составляет 0,1 мм), прогнозируемое соотношение между пропусканием и плотностью потока показано на фиг.15В. С использованием упомянутых предположений прогнозируемое соотношение между перетяжкой светового луча и расстоянием и нормализованным поглощением и расстоянием показано на фиг.15С.

Как показано на фиг.16А и 16В, ожидается, что экспонирование встречным световым лучом такого носителя из сополимерного материала будет производить запись микроголограмм в форме модуляций фиксированного показателя преломления, соответствующих интерференционным полосам встречного светового луча благодаря формированию или разрушению там нанодоменов кристаллического полимера. То есть, механизм изменения/разделения фазы генерирует модуляцию показателя преломления, основываясь на формировании или разрушении кристаллических нанодоменов, которые существенно меньше длины волны используемого света. Значения фигуры 16В прогнозируются с использованием двух встречных световых лучей, каждый из которых имеет мощность одного падающего луча ($P_1=P_2$) 75 мВт, $\alpha=20$ см⁻¹ и время экспонирования (τ) 1 мсек. Прогнозируемое результирующее изменение показателя преломления ($\Delta n=0,4$), которое формирует микроголограмму, показано на фиг.16С. Как можно там видеть, микроголограмма, реализованная в виде ряда изменений показателя преломления, соответствующих интерференционным полосам встречных световых лучей, происходит по существу только там, где локализованный нагрев превышает условие порога (например, температура превышает 150°C), так что получается условие пороговой записи.

Подходящие для использования полимеры включают в себя, например,

гомополимеры, показывающие частичную кристалличность, комбинации гомополимеров, состоящие из аморфных и кристаллических полимеров, и разнообразное множество сополимерных составов, включающих в себя случайные и блоксополимеры, а также элементы сопряжения сополимеров с гомополимерами или без них, но не ограничиваются ими. Согласно одному варианту осуществления, полимер для изготовления подложки содержит блок сополимер оксида поликарбоната/полиэстера. Такой материал подходит, например, для хранения голограмм на глубине порядка 3 микрон, но не ограничивается этим. Линейное поглощение материала может быть высоким, делая материал непрозрачным и ограничивая чувствительность.

Термически индуцированная реакция в ответ на оптически поглощающий краситель также подходит для отделения механизма изменения показателя преломления от механизма фотохимической реакционной способности, способствующий потенциально большим значениям чувствительности. Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, термически индуцированный процесс может обеспечить механизм нелинейного отклика для оптически индуцированного изменения показателя преломления. Этот механизм, или пороговое условие, позволяет использовать оптические лучи некоторой длины волны при низких и высоких мощностях для считывания и записи данных, соответственно. Указанная характеристика также предотвращает существенное ухудшение хранимых данных из-за рассеянного света. Полезны красители со свойством обратного насыщающегося поглощения (RSA), в которых поглощение является функцией плотности потока и увеличивается с увеличением плотности потока. Как следствие, поглощение является самым высоким в фокусе светового луча(-ов), что означает, что фоновое линейное поглощение мало, в конечном счете, давая материал, который является почти прозрачным. Примеры таких красителей включают в себя порфирины и фталоцианины, но не ограничиваются ими.

Далее, аморфные/кристаллические сополимеры хорошо подходят для обеспечения желаемых свойств в термопластической подложке, полученной методом инжекционного формования, такой как диск. Использование термопласта позволяет записывать данные в устойчивой подложке без значительных требований последующей обработки, так что изменение показателя преломления, чувствительность, устойчивость и фиксация обеспечиваются самим материалом сополимера. И возможны модуляции показателя преломления, большие чем у известных фотополимеров, посредством выбора компонентов сополимера. Чувствительность материала может зависеть от оптических свойств поглощения используемого красителя(-ей). В случае известных красителей обратного насыщающегося поглощения достижимы чувствительности в 2-3 раза выше, чем у известных голографических фотополимеров. Пороговое условие также обеспечивает возможность считывания и записи данных на одной и той же длине волны с небольшой последующей обработкой, требуемой после записи данных или без нее. Это противоположно полимерам, которые обычно требуют экспонирования всей подложки после записи данных, чтобы привести систему в полное термоотверждение. Наконец, подложка из сополимера может перед записью данных находиться в термопластическом состоянии, что противоположно гелеобразному состоянию фотополимеров. Это преимущественно упрощает физическую структуру носителей по сравнению с фотополимерами, поскольку материал в термопластическом состоянии может сам получаться методом инжекционного формования и нет необходимости

заключать его, например, в контейнер или несущий элемент.

Таким образом, согласно одному из аспектов настоящего изобретения, аморфные/кристаллические сополимеры могут использоваться, чтобы поддерживать оптически индуцированные изменения фазы и результирующие модуляции показателя преломления. Красители с линейным поглощением могут использоваться в комбинации с аморфными/кристаллическими материалами с изменением фазы, чтобы преобразовать оптическую энергию в приращения температуры. Краситель(-ли) с обратным насыщающимся поглощением могут использоваться для эффективной генерации приращений температуры. Оптическая активация может отделяться от индуцирования изменений показателя преломления посредством красителей и материалов с изменением/разделением фаз, обеспечивая возможность порогового условия для изменения показателя преломления.

В дальнейшем объяснении, в некоторых составах блок сополимеров, отдельные полимеры разделяются по фазе спонтанно на регулярно упорядоченные доменные структуры, которые не растут макроскопически как комбинации полимеров, из-за природы сополимера. Перечисленные явления обсуждаются в публикации Sakurai, TRIP vol. 3, 1995, page 90 *et seq.* Отдельные полимеры, составляющие сополимер, могут показывать аморфное или/или кристаллическое поведение в зависимости от температуры. Массовая доля отдельных полимеров может иметь тенденцию диктовать, что образуют разделенные микрофазы: сферы, цилиндры или пластинчатые структуры. Может быть использована сополимерная система, в которой обе фазы являются аморфными после короткого (или длительного) нагрева выше температуры стеклования (T_g) и температуры плавления (T_m) отдельных блоков. При охлаждении до низких температур одна из фаз кристаллизуется, при этом сохраняя формы исходных микрофаз. Пример упомянутого явления иллюстрируется на блоксополимерах поли(этиленоксида)/полистирола, что сообщается в публикации Hung *et al.*, *Macromolecules*, 34, 2001, page 6649 *et seq.* Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, блоксополимеры поли(этиленоксида)/полистирола могут быть использованы, например, в пропорции 75%/25%.

К такому сополимеру можно добавить, например, фотохимически и термически устойчивый краситель, такой как фталоцианиновый краситель, подобный фталоцианину меди, фталоцианину свинца, фталоцианину цинка, фталоцианину индия, фталоцианину тетра-бутила индия, фталоцианину галлия, фталоцианину кобальта, фталоцианину платины, фталоцианину никеля, тетра-4-сульфонатфенилпорфирина-меди(II) или тетра-4-сульфонатфенилпорфирина-цинка(II), и потом сформовать методом инъекционного формования в диск диаметром 120 мм. Формование повышает температуру сополимера выше температуры стеклования (T_g) полистирола и температуры плавления (T_m) поли(этиленоксида), таким образом, производя аморфный материал с разделением микрофаз. Охлаждение диска, например, закаливание, приблизительно до -30°C вызывает кристаллизацию фазы поли(этиленоксида) по всему материалу. В тех случаях, когда размеры доменов кристаллических областей достаточно малы, например меньше ста нанометров (например, 100 нм), свет не будет рассеиваться носителем, и носитель будет оставаться прозрачным, даже в толстых подложках. Данные могут записываться на материал посредством интерференции 2 лазерных лучей (или светового луча и его отражения) в специфических областях диска, например заданных объемах.

После экспонирования одним или несколькими записывающими световыми лучами краситель поглощает интенсивный свет (например, лазерные лучи высокой мощности)

на интерференционных полосах, мгновенно повышая температуру в соответствующем объеме или области диска до температуры выше температуры плавления фазы поли(этиленоксида). Последнее приводит к тому, что упомянутая область становится по существу аморфной, производя показатель преломления, отличный от кристаллических доменов в окружающем материале. Последующее экспонирование лазерными лучами низкой энергии с целью считывания записанных микроголограмм и восстановления соответствующих данных, поскольку отражения от микроголограмм не вызывают какого-либо существенного изменения в материале, когда используются мощности лазера, которые не нагревают полимер выше температур T_g и T_m отдельных полимеров. Таким образом, может быть обеспечен голографический носитель хранения данных с нелинейной оптическим откликом, как например порогового типа, который является существенно устойчивым в течение длительных периодов времени и на протяжении некоторого числа считываний.

Хотя сферы, цилиндры и пластинчатые структуры являются обычными структурами, могут быть сформированы и в равной степени хорошо работать и другие измененные формы. Альтернативно, может быть использовано разнообразное множество блоксополимеров, включающих в себя блоксополимеры поликарбоната/полиэстера и допускать различные температуры формирования кристаллических доменов, а также температуры, при которых они разрушаются. В случаях, где краситель, используемый, чтобы поглощать излучение и производить тепло, принимает форму обратного насыщающегося поглотителя, может получиться хорошее управление точного определения местонахождения, где имеет место нагревание. Латеральное протяжение микроголограмм может быть значительно меньше, чем диаметр перетяжки сфокусированного лазерного луча(-ей). Таким образом, ограничение или устранение растрачивания динамического диапазона записывающего материала за пределами записанных микроголограмм, следовательно, повышение отражательной способности каждой микроголограммы и, следовательно, емкость хранения данных, может быть реализовано посредством использования нелинейного носителя записи согласно одному из аспектов настоящего изобретения.

Материал порогового типа также может обеспечивать дополнительную выгоду, будучи более чувствительным к записи, чем материал с линейным откликом.

Указанное преимущество может быть переведено в более высокие достижимые скорости записи данных для микроголографических систем. Дополнительно, скачкообразная модуляция показателя преломления, получающаяся в результате пороговой характеристики носителя, может служить, чтобы производить микроголограммы, менее отражающие, чем при использовании материалов с линейным откликом. Однако отражательная способность может оставаться достаточно высокой для применений хранения данных. Как показано на фиг.12, ожидается, что отражательная способность будет повышаться с повышением модуляции показателя преломления. Также ожидается, что тепловая диффузия не будет представлять чрезмерных проблем. Также рассматривалась тепловая диффузия во время формирования голограммы; ожидается, что картина распределения температур будет соответствовать интерференционным полосам, встречных световых лучей. Чтобы сохранить полосы показателя преломления в картине показателя преломления, тепловая диффузия по существу может быть ограничена областью между интерференционными полосами, достигающими температуры изменения фазы. Кривая 1210 на фиг.12 соответствует материалу с линейным откликом, и кривая 1220 на фиг.12 соответствует материалу с пороговым откликом. Как показано на фиг.13А

и 13В, там показаны ожидаемые профили повышения температуры как функции положения. Соответственно, ожидается, что рассеяние тепла из заданного объема в окружающие объемы не будет повышать температуру окружающих объемов до пороговой температуры 1020.

5 Материал с нелинейным откликом Пример 2

Согласно другой конфигурации, органические красители в полимерных матрицах могут быть использованы для поддержания изменений показателя преломления Δn , чтобы осуществлять голографическое хранение данных, причем органические
10 красители имеют большие резонансно увеличенные показатели преломления относительно полимерной матрицы. В этом случае просветление красителей в специфических областях или заданных объемах может быть использовано для получения градиента показателя преломления для голографии. Данные могут записываться посредством интерферирующих световых лучей внутри носителей,
15 чтобы просветлять специфические области. Однако в тех случаях, когда интерферирующий свет проходит через весь носитель (даже хотя должны просветляться только специфические области) и существует линейный отклик на просветляющее излучение (даже хотя интенсивность светового луча является самой высокой в сфокусированных областях и производит там наибольшее просветление),
20 ожидается, что должны просветляться относительно низкие уровни красителя по всему носителю, на который падет излучение. Таким образом, после того как данные записываются в множественные уровни, ожидается, что должно происходить нежелательное дополнительное просветление в линейном носителе записи. Это может,
25 в конечном счете, ограничить число слоев данных, которые могут быть записаны на носители, что в свою очередь ограничивает полную емкость хранения для линейного носителя записи.

Другой интерес возникает от осознания того, что носитель записи должен иметь
30 высокую квантовую эффективность (QE), чтобы иметь полезную чувствительность для коммерческих применений. QE относится к процентному отношению фотонов, попадающих в фотореактивный элемент, который будет производить пару электрон-дырка и является мерой чувствительности устройства. Материалы с высоким значением QE обычно подвергаются быстрому просветлению хранимых голограмм и,
35 таким образом, данных, даже при использовании считывающего лазера низкой мощности. Равным образом, данные могут считываться только ограниченное число раз, перед тем как данные по существу становятся не читаемыми в носителе с линейным откликом.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, чтобы преодолеть
40 указанные недостатки, используется носитель с нелинейным оптическим откликом. Снова, для обеспечения хранения и восстановления данных в голографической системе, вместо полимеров может быть использован раствор материала, основанный на термопласте. Указанная процедура может оказаться полезной в показателях
45 процессов обращения или хранения, а также совместимости с разнообразными голографическими методами.

В дальнейшем объяснении, для голографического оптического хранения данных могут быть использованы узкополосные поглощающие красители в
50 термопластических материалах. Считается, что жесткие полимерные сетки снижают квантовые эффективности (QE) для некоторых фотохимических реакций. Таким образом, согласно одному из аспектов настоящего изобретения, локализованный нагрев полимерной сетки, например, до температур вблизи или выше T_g термопласта,

полезен для повышения локализованной QE материала например на множитель >100 .
Указанное улучшение непосредственно повышает чувствительность материала способом, полезным для голографического оптического хранения данных.

Дополнительно, обеспечивается процесс стробирования или пороговый процесс, в котором молекулы красителя в дискретных расплавленных зонах носителей претерпевают фотохимические реакции быстрее, чем в окружающем аморфном материале - в свою очередь, облегчая запись на многих виртуальных слоях носителей без значительного влияния на другие слои. Другими словами, тем самым обеспечивается возможность считывания и записи, не вызывая при этом вредного значительного просветления других объемов.

Теперь обратимся к фиг.17А-17С, на которых для голографического хранения данных могут быть использованы орто-нитростильбены (о-нитростильбены), содержащие полимерные матрицы. Фотохимическая реакция, которая вызывает просветление орто-нитростильбенов, хорошо известна и обсуждается, например, в публикации Splitter and Calvin, JOC, 1955, vol. 20 and pages 1086-1115. Позже McCulloch использовал указанный класс состава для получения волноводов в тонкопленочных применениях посредством просветления красителя, чтобы сформировать материал оболочки (см., Macromolecules, 1994, vol. 27, pages 1697-1702). McCulloch доложил, что QE некоторого конкретного о-нитростильбена в матрице полиметилметакрилата (РММА) составляет 0,000404. Однако он отметил, что такой же краситель в разбавленном растворе гексана имеет QE 0,11 на той же длине волны просветления. McCulloch предположил, что это различие обусловлено гипсохромовым сдвигом в лямбда-матрице при переходе от тонких полимерных пленок к растворам гексана. Это можно отнести к эффекту подвижности, поскольку равновесная конформация о-нитростильбена в жестком полимере может не быть ориентированной соответствующим образом вследствие начальной перициклической реакции. Фиг.17А иллюстрирует данные, характеризующие просветление с использованием лазера 100 мВт, 532 нм при температурах 25°C и 160°C. Улучшение может быть обусловлено повышенной подвижностью или просто более быстрой кинетикой реакции благодаря более высокой температуре, или комбинацией обоих факторов. Совместно с фиг.17А, фиг.17В показывает, что улучшенная QE обсуждаемой матрицы ожидается при температуре выше приблизительно 65°C. Таким образом, в одном из вариантов осуществления, о-нитростильбеновые красители используются в комбинации с поликарбонатными матрицами, чтобы обеспечить рабочие характеристики, совместимые с РММА материалами, хотя могут быть возможны незначительно более высокие QE.

Однако должно быть понятно, что настоящее изобретение не должно ограничиваться упомянутым классом красителей. Вернее настоящее изобретение предполагает использование любого светочувствительного материала красителя, имеющего достаточно низкую QE в твердой полимерной матрице при комнатной температуре или вблизи нее и который проявляет увеличение QE, например экспоненциальное увеличение QE, после нагревания. Это обеспечивается для механизма нелинейной записи. Должно быть понятно, что нагревание необязательно повышает температуру выше температуры стеклования (T_g) или оно может повышать ее значительно выше T_g , до тех пор, пока QE становится значительно улучшенной. QE такого светочувствительного красителя может быть улучшенной внутри специфических областей полимерной матрицы, которые содержат по существу равномерное распределение красителя. В случае поликарбонатной матрицы, нагревая

поликарбонатную матрицу, содержащую светочувствительный краситель, выше его T_g , можно достичь увеличения степени просветления. Увеличение степени просветления может быть порядка >100 раз.

Дополнительно, в дополнение к фотореактивному красителю, добавляемому к поликарбонатной матрице типа о-нитростильбена, к матрице также можно добавить второй термически и фотохимически устойчивый краситель, чтобы он функционировал как поглотитель света, чтобы производить локализованное нагревание на интерференционных полосах в фокусе встречных лазерных лучей.

Концентрации красителя, мощность лазера и время в фокусной точке могут быть использованы для регулировки ожидаемой температуры до желательного диапазона, например, вблизи или выше температуры T_g матрицы. В таком варианте осуществления, первая и вторая длины волн света для фото просветления одновременно фокусируются приблизительно в одну и ту же область матрицы.

Поскольку чувствительность нагретой области материала ожидается большей, например, больше приблизительно в 100 раз, чем окружающие холодные области жесткого полимера (см. фиг.17A), информация может быть быстро записана в заданном нагретом объеме с использованием светового луча относительно низкой мощности, имеющего значительно меньшее действие просветления на окружающие области. Таким образом, ранее записанные области или области, которые не имеют записанных данных, испытывают минимальное просветление, тем самым уменьшая там нежелательное растрачивание динамического диапазона и позволяя записать больше слоев данных на носителях в целом. Также, посредством считывания при относительно низкой мощности с лазерной длиной волны, используемой для нагревания специфической области для записи, также уменьшается непреднамеренное просветление красителя во время считывания. Альтернативно, одна длина волны или диапазон длин волн света может использоваться для нагревания и просветления, так что вместо двух различных длин волн используется только одна длина волны света (или диапазон длин волн).

Хотя для функционирования в качестве термически и фотохимически устойчивых красителей для целей локализованного нагревания подходит разнообразное множество красителей, красители, которые проявляют нелинейность, могут оказаться особенно подходящими. Один такой класс красителей, известный как обратные насыщающиеся поглотители (RSA), также известный как поглотители возбужденного состояния, является особенно привлекательным. Они включают в себя разнообразное множество металлофталоцианинов и фуллереновых красителей, которые обычно имеют очень слабое поглощение в части спектра, хорошо отделенной от других сильных поглощений красителя, но несмотря на это формируют сильное переходное триплет-триплетное поглощение, когда интенсивность света превышает пороговый уровень. Данные, соответствующие не ограничивающему примеру, использующие вытянутый диметиламино динитростильбен, показаны на фиг.17C. Согласно им ожидается, что как только интенсивность света на интерференционных полосах встречных световых лучей в носителе, включающем диметиламинодинитростильбен, превысят пороговый уровень, краситель сильно поглощает в фокусной точке и может быстро нагревать соответствующие объемы материала до высоких температур. Таким образом, согласно одному из аспектов настоящего изобретения, событие стробирования используется, чтобы обеспечить относительно низкую энергию для записи данных в заданный объем носителей (проявляя, тем самым, повышенную чувствительность), при этом минимизируя нежелательное экспонирование,

индуцированные реакциями в других объемах носителей.

Трекинг и фокусировка

В одном из вариантов осуществления, микроголограммы сохраняются в объемном носителе вдоль радиально простирающихся спиралеобразных дорожек во множестве вертикально упакованных слоев, где носители имеют форму диска, который закручивается (см. например, фиг.28 и 30). Оптическая система фокусирует световой луч в конкретные заданные объемы в носителях, чтобы детектировать присутствие или отсутствие микроголограмм там, чтобы восстанавливать или считывать ранее сохраненные данные или, чтобы генерировать там интерференционные полосы для генерации микроголограмм. Таким образом, важно, чтобы заданные объемы были точно нацелены для записи данных и восстановления лазерного освещения.

В одном из вариантов осуществления пространственные характеристики отражений падающего светового луча используются, чтобы поддержать точное нацеливание выбранных объемов массива микроголограмм, содержащих носители. Если заданный объем, например микроголограмма, находится вне фокуса или дорожки, то отраженное изображение отличается от отражения от микроголограммы, которая находится в фокусе и на дорожке заданным образом. Указанный эффект, в свою очередь, может отслеживаться и использоваться для управления приводными механизмами, чтобы точно нацеливать заданные специфические объемы. Например, размер отражений от микроголограмм вне фокуса отличается от размера отражений от микроголограмм в фокусе. Кроме того, отражения от смещённых микроголограмм удлиняются по сравнению с отражениями от правильно ориентированных микроголограмм, например, являются более эллиптическими по природе.

В дальнейшем объяснении, в материальных системах, которые обсуждались выше (отличных от обычных технологий CD и DVD), для отражения падающего считывающего светового луча используется неметаллизированный слой. Как показано на фиг.18, микроголограмма 1810, содержащаяся в носителе 1820, отражает считывающий световой луч 1830 на кольцевой детектор 1840, расположенный вокруг одного или нескольких оптических элементов (например, линзы) 1850. Оптический элемент 1850 фокусирует световой луч 1830 на заданный объем, соответствующий микроголограмме 1810 - так что микроголограмма 1810 генерирует отражение, которое падает на оптический элемент 1850 и кольцевой детектор 1840. В иллюстративном варианте осуществления оптический элемент 1850 передает отражение на детектор восстановления данных (не показан). Должно быть понятно, что хотя иллюстрируется только одна микроголограмма 1810, ожидается, что реальный носитель 1820 содержит массив микроголограмм, расположенных в различных положениях (например, X, Y координаты или вдоль дорожек) и во многих слоях (например, Z координаты или плоскости по глубине или псевдо плоскости). С использованием приводного механизма(-ов) оптический элемент 1850 может селективно нацеливаться на различные заданные объемы, соответствующие выбранным объемам микроголограмм.

Если микроголограмма 1810 находится в фокусе считывающего светового луча 1830, то считывающий световой луч 1830 становится отраженным, тем самым генерируя отраженный сигнал на оптическом элементе 1850, который связан с детектором восстановления данных. Детектор восстановления данных может иметь форму, например, фотодиода, расположенного, чтобы детектировать отражения светового луча 1830. Если в фокусе нет микроголограммы 1810, то детектором восстановления данных не генерируется соответствующий сигнал. В системе

цифровых данных детектированный сигнал может интерпретироваться как "1", а отсутствие детектированного сигнала как "0", или наоборот. Обратимся теперь к фигурам 19А-19С, на которых показаны моделированные данные отражения, соответствующие круговой микроголограмме в фокусе, на дорожке и круговой, с использованием считывающего светового луча, имеющего длину волны падающего излучения 0,5 мкм, лазерное пятно размером $D/2=0,5$ мкм, левую круговую поляризацию, конфокальный параметр светового луча: $z/2=2,5$ мкм и половинный угол дифракции дальней зоны $\theta/2=11,55^\circ$ (поле) или $\theta/2=8,17^\circ$ (мощность).

Обратимся теперь к фиг.20, на которой показано, что для того, чтобы считывающий лазерный луч правильно отражался микроголограммой, лазерный луч должен правильно фокусироваться и латерально центрироваться на микроголограмме. На фиг.20 видно, что падающий световой луч имеет волновые фронты 2010, которые являются нормальными к оптической оси 2020 распространения в центральной его части 2030. Микроголограмма по существу только отражает свет указанных волновых векторов (то есть, k вектора), которые соответствуют некоторому направлению. Сфокусированный гауссов световой луч, как например, показанный на фиг.20, представляет собой наложение многих элементарных волн с различными волновыми векторами. Максимальный угол волнового вектора определяется числовой апертурой фокусирующих объективов. Соответственно, не все волновые вектора отражаются микроголограммой - так что микроголограмма действует как фильтр, который только отражает падающий свет с определенными волновыми векторами. Вне фокуса только центральная часть падающего света перекрывается с микроголограммой. Таким образом, только центральная часть становится отраженной. В этом сценарии изменения эффективности отражения уменьшаются.

Когда сфокусированный световой луч не ориентируется правильно с микроголограммой в дорожке, волновые вектора вдоль направления, вертикального дорожке, не имеют сильного отражения в направлении вдоль дорожки. В этом случае световой луч протягивается в направлении, вертикальном дорожке в ближней зоне, хотя световой луч сжимается в этом направлении в дальней зоне. Соответственно, могут быть обеспечены отдельные голограммы трекинга.

Фиг.21А-21С показывают распределения ближней зоны ($z=-2$ мкм), соответствующие моделированию круговой микроголограммы фигур 19А-19С. Фиг.21А иллюстрирует световой луч восстановления данных, запускаемый в носитель в точке $x=y=0$ и $z=0,01$. Фиг.21С иллюстрирует отражение в условии вне дорожки, вызванное сдвигом $x=0,5$. Фиг.21С иллюстрирует отражение в условии расфокусирования или вне фокуса, вызванное сдвигом $x=1,01$. Таким образом, в условии расфокусирования эффективность светового луча уменьшается, тогда как в условии вне дорожки отражение пространственно искажается. Обратимся теперь к фиг.22А-22В, на которых показаны распределения дальней зоны ($z=-2$ мкм), соответствующие распределениям ближней зоны фигур 21А-21С, соответственно. Фиг.22А иллюстрирует, что световой луч восстановления данных, запускаемый в носитель в точке $x=y=0$ и $z=0,01$, обеспечивает аналогичные углы расходимости (полные) дальней зоны в X и Y направлениях, причем в иллюстрируемом случае, он составляет $11,88^\circ$ в обоих направлениях X - и Y -. Фиг.22В показывает, что отражение в условии вне дорожки, вызванное сдвигом $x=0,5$, приводит к различным углам распределения дальней зоны в X и Y направлениях, причем в иллюстрируемом случае он составляет $4,6^\circ$ в X -направлении и $6,6^\circ$ Y -направлении. Наконец, Фиг.22С

показывает, что отражение в условии вне фокуса, вызванное сдвигом $z=1,01$, приводит к аналогичным углам расходимости (полные) дальней зоны в X и Y направлениях, в иллюстрируемом случае он составляет $9,94^\circ$ в обоих X и Y направлениях. Таким образом, микроголограммы действуют как k-пространственные фильтры, так что пятно дальней зоны будет эллиптическим в условии вне дорожки, и пятно дальней зоны будет меньше в условии вне фокуса.

Должно быть понятно, что микроголограммы необязательно должны быть круговыми. Например, могут быть использованы продолговатые микроголограммы. Обратимся теперь к фиг.23А-23С, на которых показано моделирование, соответствующее микроголограмме в фокусе, на дорожке и продолговатой, с использованием считывающего светового луча, имеющего длину волны падающего излучения 0,5 мкм, лазерное пятно размером $D/2=0,5$ мкм, левую круговую поляризацию, рэлеевскую область: $z/2=2,5$ мкм и половинный угол дифракции дальней зоны $\theta/2=11,55^\circ$ (поле) или $\theta/2=8,17^\circ$ (мощность) - аналогично моделированию фигур 19А-19С. Фиг.24А-24С показывают распределения дальней зоны ($z=-2$ мкм), соответствующие моделированию продолговатой микроголограммы фигур 23А-23В. Фиг.24А иллюстрирует световой луч восстановления данных, запускаемый в носитель в точке $x=y=0$ и $z=0,01$. Фиг.24В иллюстрирует отражение в условии вне дорожки, вызванное сдвигом $x=0,5$. Фиг.24С иллюстрирует отражение в условии вне фокуса, вызванное сдвигом $x=1,01$. Таким образом, в условии вне фокуса эффективность светового луча уменьшается, тогда как в условии вне дорожки отражение пространственно искажается. Обратимся теперь к фиг.25А-25С, на которых показаны распределения дальней зоны ($z=-2$ мкм), соответствующие распределениям ближней зоны фигур 24А-24С, соответственно. Фиг.25А иллюстрирует, что световой луч восстановления данных, запускаемый в носитель в точке $x=y=0$ и $z=0,01$, обеспечивает расходимость дальней зоны в зависимости от степени продолговатости микроголограммы, причем в иллюстрируемом случае, он составляет $8,23^\circ$ в X-направлении и $6,17^\circ$ в Y-направлении. Фиг.25В показывает, что отражение в условии вне дорожки, вызванное сдвигом $x=0,5$, приводит к различным углам распределения дальней зоны в X и Y направлениях, причем в иллюстрируемом случае, он составляет $4,33^\circ$ в X-направлении и $5,08^\circ$ в Y-направлении. Наконец, Фиг.25С показывает, что отражение в условии вне фокуса, вызванное сдвигом $z=1,01$, приводит к различным углам расходимости дальней зоны (полные) в X и Y направлениях, в иллюстрируемом случае, он составляет $5,88^\circ$ в X-направлении и $5,00^\circ$ в Y-направлении.

Таким образом, продолговатые микроголограммы также действуют как k-пространственные фильтры, и хотя продолговатые микроголограммы приводят к эллиптическим пространственным профилям пятна дальней зоны, в условии вне дорожки вытянутое направление может отличаться, и пятно дальней зоны будет меньше в условии вне фокуса.

Далее настоящее изобретение будет обсуждаться в отношении круговых микроголограмм только с целью объяснения, а не ограничения. Вариация формы лазерного луча в направлении вне дорожки, а также пространственная интенсивность светового луча могут определяться с использованием четырехполосного детектора, какой показан на фиг.26. Таким образом, в одном из вариантов осуществления, пространственный профиль отражений микроголограмм используется для определения того, находится ли считывающий световой луч в фокусе и/или на дорожке. Этот сигнал также может служить для разделения сценариев фокусировки двух световых лучей, вне фокуса и вне дорожки, и обеспечивать сигнал обратной

связи, чтобы управлять сервомеханизмом для коррекции положения, например, лазерной оптической головки. Например, для детектирования изменений в отраженном изображении микроголограмм - и, следовательно, для обеспечения обратной связи фокусировки и трекинга для приводных механизмов

5 позиционирования оптического элемента могут быть использованы один или несколько детекторов, которые преобразуют отражения микроголограмм в электрические сигналы. Для детектирования отражений микроголограмм может быть использовано разнообразное множество фотодетекторов. Например, для

10 детектирования отражений от микроголограмм известным способом могут быть использованы один или несколько фотодиодов. Изготовление и использование фотодиодов также хорошо известно специалистам в данной области техники. Информация, обеспечиваемая этими детекторами, используется для выполнения

15 управления приводными механизмами в реальном масштабе времени в оптической системе, чтобы поддерживать фокус и продолжать оставаться на правильной дорожке данных.

Такая система сервоуправления может первоначально обращаться с двумя сценариями, которые могут происходить для лазерного луча в условии

20 расфокусирования: первый, в условии вне фокуса, когда лазерный луч не фокусируется на правильный слой, и второй, когда лазерный луч латерально смещается от микроголограммы, которую нужно считывать; при этом также, будучи конфигурирована, чтобы оптимизировать рабочие характеристики трекинга и фокусировки в присутствии источников шума. Методы оценки, такие как фильтры

25 Калмана, могут быть использованы, чтобы выводить оптимальную оценку прошлого, настоящего и будущего состояний системы, чтобы снизить ошибки в реальном масштабе времени и снизить ошибки записи и считывания.

Фиг.26А-26D иллюстрирует конфигурацию или массив детектора (фиг.26А) и

30 различные детектированные условия (фиг.26В-26D) для определения того, находится ли система в фокусе или на дорожке. В одном из вариантов осуществления, для определения того, находится ли оптическая система вне фокуса или вне дорожки, может быть использован массив 2600 четырех квадрантных детекторов. Каждый квадрантный детектор 2600А, 2600В, 2600С, 2600D массива 2600 детекторов

35 генерирует напряжение, которое пропорционально величине энергии, отражаемой на него. Массив 2600 детекторов включает в себя массив фотодиодов, каждый из которых соответствует одному из квадрантов, например, в форме четырехполюсного детектора. В иллюстрируемом варианте осуществления массив 2600 детекторов

40 реагирует на оптическую энергию, распространяющуюся по площади, большей, чем занимает фокусирующая оптика (например, линза 2620), используемая для передачи (например, фокусировки) световых лучей в объемный носитель данных или отражений из него. Например, четырехполюсный детектор 2600 может быть позиционирован позади системы объективов, используемых для направления и приема отражений из

45 заданного объема, чтобы детектировать вариации формы светового луча. В случае круговых микроголограмм, а если форма детектируемого светового луча является эллиптической, то можно заключить, что световой луч находится вне дорожки, так что направление вне дорожки представляет собой малую ось эллиптического светового луча. Если детектированный световой луч меньше ожидаемого (с меньшей

50 числовой апертурой), но вариация является симметричной по природе, то можно заключить, что световой луч находится вне фокуса. Эти детектированные изменения пространственного профиля отраженного считывающего светового луча от

объемного носителя используются как обратная связь для управления приводным механизмом фокусировки и/или трекинга. Оптимально, вокруг системы объективов может быть использован массив более мелких линз, чтобы фокусировать искаженный отраженный сигнал. Далее, также полезны изменения угла распространения

отраженного светового луча как индикация направления смещения.

Полная величина сигнала, генерированного квадрантными кольцевыми детекторами 2600A-2600D, обозначена как α . Если система находится в фокусе, как показано на фиг.26B, то сфокусированное пятно будет круговым, минимального размера и будет производить наименьшую величину сигнала $\alpha_{\min}$. Там где $\alpha > \alpha_{\min}$, как показано на фиг.26C, пятно светового луча может определяться как находящееся вне фокуса. Линза 2620 может быть расположена в центре массива 2600 детекторов, чтобы пропускать и фокусировать считывающий световой луч на микроголограммах. Чтобы поддерживать фокус микроголограммы, могут быть использованы известные механизмы управления с обратной связью, которые минимизируют α . Обратимся теперь к фиг.26D, на которой детектируется асимметричная картина, если сенсорная головка движется вне дорожки. Когда она на дорожке, все четыре квадрантных детектора 2600A, 2600B, 2600C, 2600D принимают равную энергию, так что $\beta = (1800B + 1800D) - (1800A + 1800C) = 0$. Таким образом, условие $\beta \neq 0$ показывает условие вне дорожки. В дальнейшем примере, отраженный сигнал становится продолговатым, если сенсорная головка находится вне дорожки и переменная β (разность между противоположными квадрантами) становится более положительной или отрицательной. Известные механизмы управления с обратной связью могут использоваться в комбинации с сервомеханизмом трекинга, чтобы снизить ошибку трекинга посредством минимизации абсолютного значения β . В одном из вариантов осуществления опорный синхронизирующий сигнал может быть установлен так, чтобы α и β дискретизировались в подходящие моменты времени. Для установки этого опорного синхронизирующего сигнала и формирования дискретизированной системы управления трекинга и фокусировки может быть использована фазовая автоматическая подстройка частоты, (PLL, ФАПЧ). Информация из частоты вращения диска и текущего местоположения считывающей головки также может быть использована для генерации задающего опорного синхронизирующего сигнала T для системы.

Источники ошибок, такие как эксцентричный диск, искривление диска и/или потерянные данные, можно компенсировать. Фильтры Калмана могут быть использованы, чтобы учитывать источники ошибок, и прогнозировать будущий путь записанных микроголограмм, основываясь на прошлой информации. Нормальное продвижение траектории спиралеобразных дорожек также может быть оценено и отправлено в сервомеханизмы трекинга. Эта информация полезна для улучшения рабочих характеристик сервомеханизмов трекинга и фокусировки и снижения ошибки сервомеханизмов трекинга и фокусировки. Фиг.27 иллюстрирует блок схему сервосистемы 2700, подходящей для осуществления управления фокусировкой и трекингом. Система 2700 включает в себя устройства оценки 2710, 2720 пути фокусировки и трекинга, которые в одном из вариантов осуществления принимают форму известных фильтров Калмана. Фильтр 2720 Калмана пути фокусировки использует синхрои́мпульс (τ) сервомеханизма, скорость вращения носителя, значение ошибки фокусировки (ϵ) (разность между желательным путем трекинга и действительным путем трекинга) и текущее местоположение пишущего элемента (например, считывающей головки), чтобы обеспечить оцененную траекторию фокуса

по мере вращения носителя. Система 2700 также включает в себя детектирование голограммы, выделение краев, синхроимпульс (τ) сервомеханизма, обеспечивающий фазовую автоматическую подстройку частоты (PLL, ФАПЧ) 2730, которая обеспечивает синхроимпульс (τ) сервомеханизма, соответственно, чтобы
 5 детектировать полный сигнал α , сигнал синхронизации двигателя, который непосредственно связан со скоростью двигателя и текущим местоположением пишущего элемента. Известные схемы 2740 согласования, например, включающие дифференциальные усилители, обеспечивают полный сигнал α , а также
 10 вышеупомянутый сигнал β , соответственно, в квадрантные детекторы 2600А, 2600Б, 2600В, 2600Г (фиг.26А).

Сервомеханизм 2750 фокусировки управляет приводным механизмом(-и) 2760 фокусировки соответственно оцененной траектории фокуса из фильтра 2710 Калмана пути фокуса, а также синхроимпульсу (τ) приводного механизма, полному сигналу α и
 15 команде поиска слоя из известных логических схем поиска слоя и дорожки (не показаны). Сервомеханизм 2770 трекинга управляет приводным механизмом(-и) 2780 трекинга соответственно оцененной траектории дорожки из фильтра 2720 Калмана траектории дорожки, а также синхроимпульсу (τ) сервомеханизма, сигналу β и
 20 команде поиска дорожки из известных логических схем поиска слоя и дорожки (не показаны). По существу, приводные механизмы 2760, 2780 позиционируют и фокусируют световой луч считывания и/или записи в заданный объем головки в носителе согласно соответствующим командам поиска слоя и дорожки из известных логических схем поиска слоя и дорожки (не показаны).

Таким образом, раскрывается способ фокусировки и трекинга микроголограмм в пространственном носителе записи. Опорный синхросигнал центральной системы генерируется для дискретизированного трекинга и фокусировки. Сигналы ошибок генерируются, основываясь на асимметрии отражения микроголограмм, возникающей
 30 в результате условия вне дорожки, и/или расширения, происходящего в результате условия вне фокуса. Фильтры Калмана используются для оценки и исправления ошибок пути фокусировки в сервомеханизме управления фокусировкой для микроголограмм. Фильтры Калмана могут использоваться для исправления ошибок пути фокусировки в сервомеханизме управления фокусировкой для микроголограмм.
 35 Управление сервомеханизма может быть использовано, если данные основаны на различных слоях или изменениях между слоями.

Должно быть понятно, что описанные здесь системы и способы трекинга и фокусировки не ограничиваются объемными системами и способами хранения
 40 данных, использующими материалы с нелинейным и/или пороговым откликом, но имеют широкую применимость к объемным системам и способам хранения данных вообще, включая те, которые используют материалы с линейным откликом, такие как описаны в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой включено здесь ссылкой.

45 Форматирование вращающегося запоминающего диска с использованием микроголограмм, характеризующих данные, для трекинга

Как утверждается здесь, микроголограммы могут сохраняться во вращающемся диске с использованием множественных вертикальных слоев и вдоль спиралеобразных
 50 дорожек на каждом слое. Формат носителя хранения данных может иметь значительное влияние на рабочие характеристики и стоимость системы. Например, близость смежных слоев микроголограмм в смежных слоях может привести к перекрестным наводкам между микроголограммами. Эта проблема усиливается по

мере того, как увеличивается число слоев в диске.

Фиг.28 изображает формат 2800, предназначенный для преодоления разрывности данных между различными слоями посредством сохранения данных в спиральях в

обоих радиальных направлениях на носителе, таком как вращающийся диск.

Микроголограммы сохраняются в одном слое 2810 в спирали, которая проходит, например, внутрь. На конце слоя 2810 данные продолжают с минимальным

прерыванием посредством фокусировки в другой слой 2820 в диске, в спирали, которая проходит в противоположном направлении. Смежные слои, например, 2830, могут продолжаться, изменяя начальное положение и направление. Таким образом, время, которое ушло бы в противном случае на то, чтобы сенсорная головка прошла

обратно в местоположение, где начинается предыдущая спираль 2810, исключается. Конечно, если желательно начинать в одной и той же начальной точке, как

предыдущая спираль, то данные могут сохраняться прежде времени и считываться с желательной скоростью системы, тогда как детектор перемещается обратно в начальную точку. Альтернативно, различные группы слоев могут иметь одно начальное местоположение и/или направление продвижения, тогда как другие группы слоев имеют другое начальное местоположение и/или направление продвижения.

Обратное направление спирали в смежных слоях также может уменьшить число перекрестных наводок между слоями путем обеспечения разделения между спиральями, которые проходят в одном направлении.

Теперь обратимся к фиг.29, на которой перекрестные наводки могут быть дополнительно снижены путем изменения фазирования и начальной точки каждой

спирали. Фиг.29 изображает формат 2900, который включает в себя множественные потенциальные точки начала/конца дорожки микроголограммы 2910А-2910G. Должно быть понятно, что хотя показано восемь (8) точек начала/конца дорожки, может быть использовано любое подходящее число, больше или меньше. Согласно одному из

аспектов настоящего изобретения, фаза или точка начала/конца каждого слоя может чередоваться. Перекрестные наводки между слоями могут быть снижены посредством вариации конечных точек спиралей данных на различных слоях. То есть, там, где первый слой начинается в точке 2910А и вьется спиралеобразно внутрь в точку 2910Н,

следующий слой может начинаться в точке 2910Н и виться спиралеобразно наружу в точку 2910D, где следующий слой, который начинается, вьется спиралеобразно, например, внутрь. Конечно, могут быть использованы другие конкретные компоновки точек начала/конца.

Таким образом, микроголограммы могут сохраняться в слоях в спиралеобразных дорожках, которые вьются спиралеобразно в различных направлениях на различных слоях, чтобы снизить время, необходимое для того, чтобы детекторная головка считывания/записи передвинулась к следующей спирали, например, к начальной точке

для следующего слоя. В течение интервала, когда головка детектора двигается от одного слоя к другому, для поддержания постоянного потока данных к пользователю или системе, можно использовать одну или несколько памятей для хранения данных.

Данные, хранимые в памяти, из предыдущего слоя данных могут считываться, когда детекторная головка двигается к следующему спиралеобразному слою. Перекрестные наводки между слоями могут быть снижены посредством обращения спиралей на смежных или различных слоях. Перекрестные наводки между слоями также могут быть снижены посредством изменения фазы или начальной точки каждого слоя и варьирования конечных точек спиралей данных на различных слоях. Начальные и конечные точки на различных слоях, которые должны считываться непрерывно,

могут быть разнесены так, чтобы избежать ненужного или длительного прерывания данных в течение времени, требуемого для фокусировки на следующем непрерывном слое данных.

В одном из вариантов осуществления микроголограммы продолговатой формы используются как формат для системы объемного хранения данных. Другими словами, обеспечивается автоматический трекинг микроголограмм.

Преимущественно, использование микроголограмм продолговатой формы позволяет, чтобы размер микроголограммы был меньше, чем размер пятна восстанавливающего лазера, по меньшей мере, в одном латеральном направлении. Для целей трекинга, микроголограммы продолговатой формы используются для определения ориентации дорожки посредством детектирования формы отражения. Для повышения надежности системы можно использовать дифференциальный сигнал, основанный на отраженном свете.

Как показано на фиг.30, в однобитовом голографическом носителе данных, форматированные микроголограммы могут записываться посредством локальной модуляции показателя преломления в периодической структуре, таким же путем, как голограммы данных. Микроголограммы генерируют частичное отражение считывающего лазерного луча. В тех случаях, когда нет микроголограммы, считывающий лазерный луч проходит через локальную площадь. Детектируя отраженный свет, драйвер генерирует сигнал, показывающий, составляет ли содержимое 1 или 0. В иллюстрируемом случае фиг.30, битом является по существу круговая микроголограмма 3010, с размером, определяемым размером пятна записывающего лазера. Из-за того, что процесс записи микроголограммы подчиняется гауссовскому пространственному профилю лазера, бит микроголограммы также имеет гауссовский пространственный профиль. Гауссовские профили имеют тенденцию иметь значительную энергию вне перетяжки светового луча (или диаметра пятна). Чтобы снизить помехи от соседних битов (микроголограммы 1, 2, 3, 4 и 5), разделение битов (расстояние между двумя битами, dt) может быть необходимым настолько большим, как трехкратный размер лазерного пятна. В результате, плотность содержания на слое может быть действительно меньше, чем плотность содержания на CD или DVD слое. Другой возможный недостаток, ассоциированный с круговым форматом, ассоциируется с трекингом, где диск носителя крутится в направлении 3020. Как показано на фиг.30, желательно, чтобы лазерное пятно двигалось к биту 2 после считывания бита 1. Однако, поскольку бит 1 микроголограммы является симметричным, драйвер не имеет дополнительной информации, чтобы показывать направление дорожки 3030, включающей в себя биты 1 или 2. Соответственно, драйвер может заставить лазер непреднамеренно отклониться к другой дорожке 3040, 3050, например, бит 4 или 5.

Как показано на фиг.31, чтобы содействовать коррекции потенциального смещения дорожки, форму пятна микроголограммы можно сделать некруговой или несимметричной, так чтобы лазерная головка могла определять ориентацию дорожки. Чтобы иметь разделение битов меньшее, чем размер пятна 3110 считывающего лазера, по меньшей мере, в одном латеральном измерении, вдоль дорожек 3130, 3140, 3150 формируются микроголограммы 3120 продолговатой формы, имеющие высокую отражательную способность. Стоит отметить, что наоборот, однослойные форматы, такие как CD и DVD, используют углубления продолговатой формы, которые генерируют интерференцию, приводя к областям относительно низкой отражательной способности. Чтобы записать формат, как показано на фиг.31, диск носителя крутится

вдоль дорожки (например, 3130) и записывающий лазер поворачивается к ней или от нее в зависимости от того, желательно ли иметь отражение в локальном объеме.

Другими словами, носитель продвигается относительно лазерного пятна во время экспонирования, тем самым экспонируя удлиненную часть носителя.

Микроголограммы продолговатой формы записываются с управляемой длиной в зависимости от продолжительности времени, в течение которого оборачивается записывающий лазер, и от скорости продвижения или вращения. Это успешно служит для устранения необходимости быстро заставлять пульсировать записывающий лазер при пятно за пятном. Когда считывающий лазер фокусируется на микроголограмме продолговатой формы, гауссовское лазерное пятно круговой формы имеет более высокую интенсивность отражения вдоль ориентации дорожки, чем перпендикулярно ориентации дорожки. Сигнал, отраженный микроголограммой, больше не является совершенно круглым (см., например, фиг.25А-25С), и детектор, такой как квадрантный детектор, может использоваться для определения формы отраженного светового луча и, следовательно, направления дорожки - которое затем используется в качестве обратной связи, чтобы помогать поддерживать лазерную головку на дорожке. Чтобы повысить чувствительность системы, можно также включить известные методологии CD/DVD формата, например, используя разностные сигналы, основанные на отражении.

Таким образом, в одном из вариантов осуществления, микроголограммы продолговатой формы обеспечиваются вдоль дорожки внутри носителя для физического формата объемного хранения данных. Форматированные микроголограммы могут сами по себе кодировать данные, или дополнительные данные записываются необязательно в различных местоположениях, или еще близкорасположенные записываются под разными углами, и/или на длинах волн, отличных от первичных микроголограмм, характеризующих данные. В тех случаях, когда носитель записи обеспечивает нелинейный оптический отклик (то есть, пороговый отклик), ширина (короткий размер) продолговатых меток может дополнительно уменьшаться, тем самым дополнительно снижая емкость слоя.

Должно быть понятно, что описанные здесь системы и способы форматирования не ограничиваются объемными системами и способами хранения, использующими материалы с нелинейным и/или пороговым откликом, но имеют широкую применимость к объемным системам и способам хранения данных вообще, включая те, которые используют материалы с линейным откликом, такие как описаны в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой включено здесь ссылкой.

Форматирование вращающегося объемного диска с использованием отдельных голографических компонентов

Альтернативно или дополнительно к микроголограммам с автоматическим трекингом, характеризующим данные, в носитель могут быть внедрены отдельные элементы трекинга. Без активной фокусировки для поддержания лазерного пятна, сфокусированного на правильный слой, и для поддержания лазерной головки на правильной дорожке может оказаться коммерчески непрактичным сохранять признаки с микронными или субмикронными размерами внутри диска носителя, по меньшей мере, частично вследствие физических ограничений, включая, но не ограничиваясь, шероховатость поверхности и царапины.

Однослойные форматы хранения (например, CD, DVD) используют отраженный асимметричный световой луч для фокусировки и механизм тройного светового луча

для трекинга. Однако объемный носитель хранения не включает в себя слой с высокой отражательной способностью на уровнях записи данных в носителе. В записываемой или перезаписываемой версиях CD и DVD форматов дорожки и бороздки являются предварительно форматируемыми, так что лазерная головка следует по дорожке при записи цифрового содержания. Опубликованные патентные заявки США 2001/0030934 и 2004/0009406 и патент США № 6512606, полные раскрытия каждого из которых включены здесь ссылкой во всей своей полноте, предлагают предварительно форматированные дорожки внутри одноканального голографического носителя, так чтобы лазерная головка могла следовать ей в процессе записи содержания. Лазерная головка следует по этой дорожке также во время процесса считывания.

В одном из вариантов осуществления для кодирования данных трекинга (например, информации глубины и радиального положения) используется предварительное форматирование дорожки и/или внеосевые микроголограммы. Более конкретно, перед сохранением битов микроголограмм внутри объемного носителя записи, дорожки, кодированные с внеосевыми микроголограммными решетками, предварительно записываются на различных глубинах и положениях в носителе. Такие микроголограммы трекинга могут быть ориентированы так, чтобы генерировать отражение вне нормали падающего лазерного луча. Угол ориентации можно коррелировать с глубиной и радиусом микроголограммы трекинга, так что микроголограммы трекинга служат как контрольные точки. В процессе считывания или записи микроголограммы трекинга отражают падающий свет далеко от оптической нормальной оси, что может детектироваться, например, с использованием отдельного детектора. Глубина и радиус фокусировки текущего местоположения в диске определяются, основываясь на детектировании угловых внеосевых отражений. Таким образом, предварительно форматированные микроголограммы могут быть использованы для обеспечения сигнала обратной связи, чтобы осуществлять регулирование вблизи положения оптической головки.

Для записи дорожек внутри голографического носителя подходят прецизионные координатные столики и записывающий лазер. Каждая дорожка может виться спиралеобразно через различные радиусы и/или глубины внутри носителя. Конечно, несмотря на это, могут быть использованы другие конфигурации, включая круговые или по существу концентрические дорожки. Цифровые биты записываются посредством формирования микроголограмм вдоль каждой дорожки. Дорожка может формироваться, например, посредством фокусировки лазерного луча высокой мощности, чтобы локально изменять показатель преломления носителя. Локальная модуляция показателя преломления генерирует частичное отражение от падающего фокусированного света, которое поступает в детектор трекинга и обеспечивает информацию о дорожке. Наоборот, дорожки могут записываться на голографический образцовый носитель и оптически дублироваться на устройства носителей (например, дисков), как здесь описано.

Фиг.32 изображает носитель 3200 в форме диска, который может крутиться, заставляя записывающую или считывающую головку следовать предварительно запрограммированной дорожке. Лазерная головка, по существу смежная с носителем, фокусирует лазерный луч 3210 на локальную область, чтобы способствовать записи дорожки в носителе. Световой луч 3210 перпендикулярен к носителю. Сформированные микроголограммы используются для кодирования положений дорожек в виде внеосевых углов. Второй лазерный луч 3220, падающий с другой стороны носителя, освещает тот же объем, что и лазерный луч 3210. Световой луч 3220

является внеосевым по отношению к нормальной оси диска. Два световых луча 3210, 3220 интерферируют и образуют микроголограмму 3230, внеосевую по отношению к нормали носителя. Указанный внеосевой угол может быть использован для кодирования физического или логического положения дорожки, то есть глубины или радиуса. Как должно быть понятно специалистам в данной области техники, внеосевой угол Φ микроголограммы 3230 зависит от внеосевого угла Φ светового луча 3220, где световой луч 3210 является нормальным к носителю 3200. Таким образом, изменяя угол падающего светового луча 3220, можно кодировать местоположение сформированной голограммы.

Световой луч 3210 может иметь форму незатухающей волны для записи непрерывной дорожки или может быть импульсным. В случае импульсного лазерного луча частота следования импульсов определяет, как часто положение дорожки может проверяться во время записи и/или считывания содержимого. Альтернативно, или дополнительно к этому, микроголограммы, «вспыхивающие» с переменными частотами следования или числами импульсов, могут быть использованы в дополнение или вместо угловой зависимости, чтобы кодировать информацию положения дорожки. Однако, когда используется импульсный световой луч записи микроголограммы, так что частота следования импульсов или число импульсов показывает положение дорожки, может понадобиться считывание более одной микроголограммы трекинга для определения полезной информации позиционирования.

Возвращаясь снова к угловой зависимости, во время процесса записи и считывания содержания, предварительно сформированные внеосевые микроголограммы 3230 отражают падающий лазерный луч 3210' нормально к направлению вне оси носителя, чтобы обеспечить информацию о дорожке. Другая информация, такая как информация авторского права, может быть закодирована дополнительно. В таком случае, внеосевой световой луч может модулироваться, чтобы кодировать подобные другие данные, и под углом, характеризующим положение внутри носителя. Как показано на фиг.33, когда падающий световой луч 3210', нормальный к оси носителя, фокусируется на локально предварительно записанную микроголограмму 3230 трекинга, микроголограмма 3230 трекинга частично отражает свет в виде светового луча 3310, имеющего алогичное направление и пространственный профиль, как второй лазерный луч, используемый в процессе записи микроголограммы (например, световой луч 3220, фиг.32). Внеосевой датчик или массив датчиков может быть использован для детектирования отраженного углового светового луча 3310 и определяет положение сфокусированного пятна падающего светового луча 3210'.

Таким образом, дорожка и/или другая информация может кодироваться в предварительно сформированных внеосевых микроголограммах. В тех случаях, когда внеосевой наклонный световой луч используется в качестве кодера, оптический дисковод может определять положение сфокусированного падающего светового луча посредством считывания одной микроголограммы трекинга. Собранная информация может быть использована для фокусировки и трекинга, например, обеспечиваемая в систему фокусировки/трекинга, сходную с той, что показана на фиг.27. Например, внеосевой сигнал может быть использован для определения того, находится ли падающий свет на соответствующей глубине и используется ли соответствующая линза для коррекции сферических aberrаций, ассоциированных с глубиной.

В одном из вариантов осуществления одна или несколько микроголограмм могут включать в себя внеосевые и/или нецентральные компоненты. Обратимся теперь к

фиг.34А, на которой голографическая дифракционная ячейка, такая как фазовая маска или решетка, расщепляет падающий световой луч на главный световой луч 3410 для записи/считывания, и, по меньшей мере, один внеосевой световой луч 3420 для трекинга. Угол θ распространения внеосевого светового луча 3420 расположен
 5 линейно с внеосевой нецентральной микроголограммой 3430 трекинга в носителе 3400, так что отраженный световой луч распространяется обратно вдоль направления падающего внеосевого светового луча 3420. В этом сценарии, никакая дополнительная собирающая оптика кроме объектива может не понадобиться.
 10 Однако внеосевой угол θ микроголограммы 3430 является фиксированным, и для индексирования положения дорожки может быть необходимым использование частоты следования импульсов микроголограммы или модуляции числа импульсов.

Фигуры 32-34А иллюстрируют одну внеосевую микроголограмму. Альтернативно, микроголограмма данных может форматироваться с двумя внеосевыми
 15 микроголограммами, по одной с каждой стороны. Запись трех перекрывающихся микроголограмм показана на фиг.34В. Данные микроголограммы записываются посредством опорного луча 3440 и луча 3450 данных, который является встречно направленным вдоль вышеупомянутой оси по отношению к опорному лучу. Две
 20 внеосевые микроголограммы могут быть записаны посредством интерференции между таким же опорным лучом 3440 и внеосевыми записывающими лучами 3460, 3470.

В процессе считывания (фиг.34С) опорный луч 3440' служит считывающим лучом. В одном местоположении уже сохранены три микроголограммы. Таким образом,
 25 опорный луч 3440' будет дифрагировать в трех направлениях: обратное отражение 3482 от микроголограммы данных, и боковые отражения 3484, 3486 от двух внеосевых микроголограмм. Когда плоскость, образованная двумя боковыми отражениями, является перпендикулярной к направлению дорожки данных
 30 микроголограммы, двухстороннее отражение является индикатором для трекинга.

Должно быть понятно, что описанные здесь системы и способы трекинга и фокусировки не ограничиваются объемными системами и способами хранения
 данных, использующими материалы с нелинейным и/или пороговым откликом, но имеют широкую применимость к объемным системам и способам хранения данных
 35 вообще, включая те, которые используют материалы с линейным откликом, такие как описаны в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой включено здесь ссылкой.

Серийное тиражирование предварительно записанного носителя

Оптическое тиражирование хорошо подходит для распределения больших объемов
 40 цифровой информации, записанной в виде микроголограмм в поддерживающем носителе. Для оптического тиражирования желательны промышленные процессы, с использованием микроголографии, в отличие от постраничной голографии. Проблема оптического тиражирования с использованием материалов с линейным откликом
 45 состоит в том, что любое нежелательное отражение в системе оптического тиражирования даст нежелательную голограмму. Поскольку в оптическом тиражировании обычно используются лазеры высокой мощности, упомянутые нежелательные голограммы могут значительно исказить голограммы,
 50 характеризующие данные и/или голограммы форматирования. Также, интенсивность голограмм, записанных в материалах с линейным откликом, будет прямо пропорциональна отношению плотностей мощности записывающих лазерных лучей. Для отношений, сильно отличных от 1, голограммы будут слабыми и будут

нежелательно растрачиваться большая величина динамического диапазона (записывающая способность материала). Снова указанную проблему можно преодолеть посредством использования носителя с нелинейным оптическим откликом.

Теперь обратимся к фигурам 35, 36 и 37, на которых показаны реализации методов оптического тиражирования, подходящих для использования с носителями с нелинейным оптическим откликом. Фиг.35 иллюстрирует систему для приготовления образцового носителя, фиг.36 иллюстрирует систему для приготовления сопряженного образцового носителя и фиг.37 иллюстрирует систему для приготовления копии носителя, например, для распределения. Обратимся сначала к фиг.35, на которой показана система 3500 для записи образцового носителя 3510. В иллюстрируемом варианте осуществления образцовый носитель 3510 принимает форму формованного диска из материала с нелинейным оптическим откликом, такого как описаны выше. Образцовый голографический носитель 3510 записывается путем формирования массива микроголограмм 3520, один за другим. Система 3500 включает в себя лазер 3550, оптически связанный со светоделителем 3552. Лазером 3550 может быть твердотельный Nd:YAG (на иттрий-алюминиевом гранате с неодимом) лазер с диодной накачкой, с внутривибраторным удвоением, с одной продольной модой на длине волны 532 нм, мощностью 100 мВт в непрерывном режиме, где светоделитель 3552 имеет форму, например, поляризующего кубического светоделителя. Фокусирующая оптика 3532, 3542 используется для фокусировки расщепленных световых лучей на общие объемы внутри носителя 3510, где они являются встречными, интерферируют и образуют картину интерференционных полос, вызывая образование микроголограммы, как обсуждалось здесь выше. Фокусирующая оптика 3532, 3542 может иметь форму, например, асферических линз с высокой числовой апертурой. Модулятор 3554 используется, чтобы селективно пропускать световой луч 3530 в носитель 3510, чтобы кодировать данные и/или содействовать упорядоченному формированию микроголограмм 3520. Модулятор 3554 может иметь форму механического, электрооптического или акустооптического модулятора, имеющего период пропускания, например, около 2,5 мс.

Чтобы обеспечить возможность формирования микроголограмм в конкретных заданных объемах, фокусирующая оптика 3532, 3542 активизируется, чтобы селективно фокусировать свет на различных радиусах от центра вращающегося носителя, например, диска 3510. То есть, она латерально переносит область фокуса на различных радиусах от центра вращающегося носителя, например, диска 3510. Носитель 3510 поддерживается прецизионным координатным столиком 3556, который вращает носитель, и допускает вертикальное выравнивание сфокусированных световых лучей 3530, 3540 на различных вертикальных слоях в носителе 3520. Угловое позиционирование управляется стробированием модулятора 3554 в соответствующие моменты времени. Например, для вращения носителя 3510 может быть использован шаговый двигатель или шпиндель на воздушных подшипниках, так чтобы модулятор мог селективно открываться и закрываться в различные моменты времени, соответствующие различным угловым положениям вращающегося носителя 3510.

Теперь обратимся к фиг.36, на которой показана блок-схема системы 3600. Система 3600 включает в себя источник 3610 света. Источником 3610 света может быть импульсный Nd:YAG лазер, работающий на длине волны 532 нм, с частотой следования импульсов 1 кГц и мощностью 90 Вт, такой как, например, коммерчески доступный лазер фирмы Coherent Evolution, модель 90. Источник 3610 освещает

образцовый носитель 3510 через сопряженный образцовый носитель 3620. В иллюстрируемом варианте осуществления сопряженный образцовый носитель 3620 принимает форму формованного диска из материала с линейным оптическим откликом, такого как описан в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой включено здесь ссылкой. Путем быстрого экспонирования образцового носителя 3510 источнику 3610, излучение 3615 через сопряженный образцовый носитель 3620, отражения от образцового носителя 3510 интерферируют с излучением непосредственно от источника 3510, образуя полосы интерференционной картины в сопряженном образцовом носителе 3620. Голографические картины, сформированные в сопряженном образцовом носителе 3620, не идентичны таковым образцового носителя 3510, но характеризуют отражения от него. Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, полные пары образцового носителя и сопряженного образцового носителя 3510, 3620 могут засвечиваться и экспонироваться одновременно. Альтернативно, излучение 3615 может механически сканировать пару образцового носителя/сопряженного образцового носителя, как показано поперечной стрелкой 3618.

Фиг.37 показывает систему 3700. Подобно системе 3600, система 3700 включает в себя источник 3710 света. Источником 3710 света может быть импульсный Nd:YAG лазер, работающий на длине волны 532 нм, с частотой следования импульсов 1 кГц и генерирующий мощность 90 Вт, например, такой как, например, коммерчески доступный лазер фирмы Coherent Evolution, модель 90. Источник 3710 освещает сопряженный образцовый носитель 3620 через носитель 3720 распределения. В иллюстрируемом варианте осуществления носитель 3720, подобный образцовому носителю 3510 и сопряженному образцовому носителю 3620, имеет форму формованного диска из материала с нелинейным оптическим откликом, такого как описан здесь. Более конкретно, источник 3710 выпускает излучение 3715 через носитель 3720 распределения и в сопряженный образцовый носитель 3620. Там изменения показателя преломления, которые соответствуют отражениям от массива 3520 микроголограмм (фиг.35, 36), генерируют отражения. Эти отражения снова проходят распределяемый носитель 3720, где они интерферируют со встречным излучением 3715, образуя полосы интерференционной картины, характеризующие массив 3730. В тех случаях, когда световое излучение 3715 и излучение 3615 по существу идентичны по направлению и длине волны, массив 3730 соответствует массиву 3520 (фиг.35, 36) - тем самым, тиражируя образцового носителя как носитель 3720 распределения. Полные пары сопряженного образцового носителя и носителя 3620, 3720 распределения могут засвечиваться, или однократно периодически, экспонироваться одновременно. Альтернативно, излучение 3715 может механически сканировать пару сопряженного образцового носителя/распределяемого носителя, как показано поперечной стрелкой 3718.

Должно быть понятно, что системы 3500, 3600 и 3700 являются только примерами, и несколько вариаций в схеме привели бы к подобным результатам. Кроме того, образцовый носитель, сопряженный образцовый носитель и носитель распределения не обязательно должны быть изготовлены из одинакового материала, и они могут быть изготовлен из комбинации материалов с линейным откликом и нелинейным откликом. Альтернативно, они все могут быть сформированы, например, из материала с пороговым откликом.

Теперь обратимся к фиг.38, на которой в другом варианте осуществления, образцовый носитель, из которого, в конечном счете, создается носитель 3810

распределения, может иметь форму пространственного модулятора света, имеющего двухмерный массив пикселей или апертур. В любом случае, система 3800 включает в себя лазер 3820, который может представлять собой Nd:YAG лазер (например, с частотой следования импульсов 1 кГц, мощностью 90 Вт), работающий на длине волны 532 нм, такой как, например, коммерчески доступный лазер фирмы Coherent Evolution, модель 90.

Лазер 3820 оптически соединен со светоделителем 3830, который может принимать форму, например, поляризующего кубического светоделителя. Светоделитель 3830 производит первый и второй лазерные лучи 3830, 3840, которые являются встречными в пределах конкретных объемов носителя 3810, способом, подходящим для формирования массива микроголограмм 3815, характеризующих хранимые данные, как обсуждалось выше. Более конкретно, световой луч 3840 передается через согласующую оптику 3845 в носитель 3810. Световой луч 3850 передается в носитель 3810 через согласующую оптику 3855.

Согласующая оптика 3845, 3855 может иметь форму массива(-ов) микролинз, способных преобразовывать лазерный луч в ряды или двухмерные массивы сфокусированных пятен. В тех случаях, когда линзы имеют высокую числовую апертуру, может быть реализована плотная упаковка путем движения носителя достаточно малыми приращениями, так что экспозиции генерируют перемежаемый массив. Таким образом, согласующая оптика 3845, 3855 фокусирует встречные световые лучи 3840, 3850 в двухмерный массив сфокусированных точек в пределах одного слоя носителя 3810. Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, этот массив точек соответствует массиву цифровых нулей 0 или единиц 1, записываемых по всему слою. Таким образом, активизируя лазер 3850, можно записать слой всех цифровых нулей 0 или единиц 1 в одном слое носителя 3810 посредством интерференционных полос пятен, образующих там массив микроголограмм. Это может быть особенно полезным, в тех случаях, когда носитель имеет форму диска из материала с оптически нелинейным откликом, который здесь описывается.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, для обеспечения различных данных, записываемых в одном слое носителя 3810, могут быть использованы ленточный кабель или пространственный световой модулятор 3840. Ленточный кабель или пространственный световой модулятор 3860 могут включать в себя ряды или массив апертур или отверстий. Наличие или отсутствие апертуры может соответствовать цифровому состоянию соответствующих цифровых данных. Таким образом, области с недостающими апертурами селективно блокируют световой луч 3840 в зависимости от того, должна ли записываться микроголограмма, в зависимости от соответствующего состояния данных.

В любом случае, один слой данных записывается в некоторый момент времени и только в одной области записывающего носителя. Носитель 3810 может продвигаться или вращаться несколько раз, чтобы записать полный слой, используя, например, координатный столик 3870. Носитель может перемещаться поступательно вверх и вниз, чтобы записать другие слои, используя например, также координатный столик 3870.

Таким образом, для записи промежуточного или сопряженного образцового носителя может быть использовано заливающее освещение образцового носителя. Заливающее освещение образцового носителя или сопряженного образцового носителя может быть использовано для записи данных в носитель распределения. В

качестве носителя для записи носителя распределения могут быть использованы ленточный кабель или пространственный световой модулятор. Эффективность дифракции (сила) записанных голограмм может не зависеть от отношения плотностей мощности записывающего лазерного луча.

Предварительно форматированный носитель

Как утверждалось ранее, диски голографического носителя могут быть записаны с массивами микроголограмм, характеризующих состояние данных. Эти массивы могут распространяться по существу по всему объему носителя, изготовленного из записывающего материала с нелинейным или пороговым откликом. В одном из вариантов осуществления, конкретные данные (например, чередующиеся состояния данных) записываются в предварительно сформированном носителе путем стирания или не стирания некоторых микроголограмм. Стирание может выполняться посредством использования одного светового луча с достаточно сфокусированной энергией, чтобы довести объем микроголограммы до состояния выше порогового условия, например, нагревание для достижения температуры T_g матрицы составных полимеров.

Более конкретно, запись данных в предварительно форматированный носитель (например, массив микроголограмм, характеризующих одно состояние данных, например, все нули 0 или все единицы 1 в пределах материала с оптически нелинейным откликом), может быть реализована либо посредством стирания, либо выбора без стирания предварительно записанных или предварительно форматированных микроголограмм. Микроголограммы могут эффективно стираться посредством фокусировки на них одного или нескольких лазерных лучей. В тех случаях, когда энергия, доставляемая лазерным лучом, превышает интенсивность порога записи, как обсуждалось здесь выше, микроголограмма стирается. Таким образом, чтобы сформировать заданную микроголограмму на первом месте, может быть необходимым удовлетворить пороговому условию. Световой луч может испускаться из известного диодного лазера, подобного тем, которые обычно используются в CD и DVD технологиях. Фиг.39 показывает систему 3900, где данные записываются посредством одного лазерного луча, посредством фокусировки предварительно обеспеченных микроголограмм в предварительно форматированном массиве и посредством селективного стирания этих микроголограмм, соответствующих биту, который должен быть записан.

Более конкретно, лазерный луч 3910 фокусируется посредством фокусирующей оптики 3920 на заданный объем 3940 в носителе 3930, содержащем предварительно форматированную микроголограмму (не показана). Действительный механизм, который стирает заданную голограмму, может быть аналогичен тому, который используется для ее формирования в первом месте. Например, предварительно форматированные голограммы могут стираться путем использования одного падающего луча, чтобы заставить любую ранее не используемую часть элемента объема (то есть, области между исходными интерференционными полосами) испытывать изменение показателя преломления посредством изменения показателя преломления, приводящего к искажению интерференционных полос - таким образом, производя область непрерывного показателя преломления. Далее, лазер необязательно должен быть с одной продольной модой, потому что не требуется никакой интерференции, создание считывающих и записывающих лазеров устройства данных микроголограммы выгодно упрощают и являются потенциально относительно недорогими.

Дополнительно в носителе может оптически записываться серийный номер. Указанный серийный номер может быть использован для отслеживания собственника записываемого носителя, например, для облегчения защиты авторских прав. Серийный номер может оптически записываться таким способом, чтобы облегчить его детектирование. Серийный номер может оптически записываться в предварительно заданном местоположении(-ях) в носителе перед тиражированием данных с использованием пространственного модулятора света, почти одновременно или после.

Такой предварительно форматированный формат нелинейной записи для конфигурации микроголографического хранения данных может способствовать реализации недорогих систем микроголографической записи. Имея оптику с одной стороны носителя, также можно использовать упрощенные оптические головки. Далее, для записи данных может быть использован лазер не с одной продольной модой. Также, поскольку используется только один световой луч, могут быть реализованы системы записи с допуском вибраций для микроголографических систем.

Должно быть понятно, что описанные системы и способы предварительного форматирования не ограничиваются объемными системами и способами хранения данных, использующими материалы с нелинейным и/или пороговым откликом, но имеют широкую применимость к объемным системам и способам хранения данных вообще, включая те, которые используют материалы с линейным откликом, такие как описаны в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой включено здесь ссылкой.

Восстановление хранимых в микроголограмме данных

Фиг.40 показывает систему 4000. Система 4000 удобна для детектирования наличия или отсутствия микроголограммы в конкретном местоположении внутри носителя, такого как носитель крутящегося диска. Система 4000 может быть предназначена для того, чтобы выбирать объемы с использованием описанных здесь механизмов фокусировки и трекинга. В одном из иллюстрированных вариантов осуществления лазерный луч 4010 фокусируется посредством фокусирующей оптики 4020, чтобы «удариться об» заданный объем 4030 внутри диска носителя 4040 через светоделитель 4050. Лазерный луч 4010 может испускаться из обычного лазерного диода, такого как используются в CD и DVD плеерах. Такой лазер может быть, например, диодным лазером на основе GaAs или GaN. Светоделитель 4050 имеет форму, например, поляризующего кубического светоделителя. Фокусирующая оптика 4020 может иметь форму, например, фокусирующего объектива с высокой числовой апертурой. Конечно, возможны другие конфигурации.

Независимо от частных случаев, в тех случаях, когда микроголограмма находится в заданном объеме 4030, световой луч 4010 отражается обратно через оптику 4020 в светоделитель 4050. Светоделитель 4050 перенаправляет отражение в детектор 4060, который детектирует наличие или отсутствие отражения. Детектор 4060 может иметь форму фотодиода, окруженного квадрантным детектором, таким как, например, коммерчески доступная модель фотодиода Hamamatsu Si Pin S6795.

Должно быть понятно, что описанные здесь системы и способы восстановления данных не ограничиваются объемными системами и способами хранения данных, использующими материалы с нелинейным и/или пороговым откликом, но имеют широкую применимость к объемным системам и способам хранения данных вообще, включая те, которые используют материалы с линейным откликом, такие как описаны в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой

включено здесь ссылкой.

Защита доходов

Пиратское и даже случайное копирование предварительно записанных оптических носителей представляет значительный источник экономических потерь для отраслей
5 развлечений и программного обеспечения. Доступность записываемых носителей с высокими скоростями передачи данных (как например, со скоростями до 177 Мбит/с) позволяет легко копировать CD или DVD диски, содержащие охраняемые авторскими правами музыку и художественные фильмы. В отрасли программного обеспечения,
10 контент-провайдеры (поставщики информации) часто используют коды активизации продукции, чтобы попытаться сократить пиратское копирование программного обеспечения. Однако коды активизации продукции и данные на диске однозначно не связаны и несколько копий программного обеспечения может быть установлено на
15 различных машинах с ограниченной возможностью детектировать множественные копии или предотвратить одновременное использование.

В известных предварительно записанных оптических носителях, например, CD или DVD дисках, записанное содержание обычно тиражируется посредством тиснения соответствующих данных в носитель во время процесса инжекционного формования.
20 Указанный процесс может быть использован для воспроизведения данных десятками тысяч дисков из одного образцового диска, что по своему существу ограничивает способность однозначно идентифицировать отдельный диск. Было предпринято несколько попыток обеспечить дополнительное оборудование и процессы для маркировки каждого диска вслед за процессом формования. Однако для маркировки
25 диска упомянутые процессы обычно требуют записывать новые данные на формованный диск или стирать данные с него. Например, делались попытки использовать лазер высокой мощности, чтобы маркировать диск способом, в котором маркировка может считываться дисководом. Однако данные на диске значительно
30 меньше, чем пятно, в которое фокусируется лазерный луч, так что эти отметки обычно больше, чем данные, и их нелегко интерпретировать дисководом.

Далее, известные оптические устройства хранения данных, такие как DVD диски, используемые для распределения предварительно записанного содержания, обычно имеют значительную емкость, по меньшей мере, для двух полнометражных
35 художественных фильмов. Часто, контент-провайдеры используют емкость для того, чтобы вмещать два различных формата просмотра одного и того же содержания, например, традиционный формат 4:3, объединенный с форматом 16:9, популярным на более поздних моделях телевидения.

Однобитовые микроголографические системы согласно настоящему изобретению могут предложить многочисленные, например, более 50 отдельных художественных фильмов на одном диске размера CD. В одном из вариантов осуществления каждый диск маркируется отдельным уникальным идентификационным номером, который
40 внедряется в данные и может считываться голографическим дисководом. Этому способствует тот факт, что голографические данные могут тиражироваться оптическим способом. Способность однозначно идентифицировать каждый диск большой емкости обеспечивает возможность новой коммерческой модели для поставки содержания, в которой каждый диск может содержать многочисленные
45 художественные фильмы, сгруппированные, например, по различным категориям (как например, жанровые, режиссерские, актерские).

В таком варианте осуществления потребитель может приобрести, например, путем покупки, предварительно записанный диск. Цена может быть соразмерной с

известными носителями, которые обеспечивают доступ пользователя к одному фильму контента, например художественному фильму. Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, потребитель может впоследствии активизировать, например, путем покупки, дополнительное содержание, как например, дополнительные
 5 художественные фильмы, содержащиеся на диске. Активизирование может выполнить поставщик содержания, выпускающий отдельный код доступа, ассоциированный с идентификационным номером, закодированным на конкретном диске, или наборе дисков. В тех случаях, когда серийный номер является не копируемым, код доступа не
 10 способен обеспечить просмотр пиратского содержания на другом иначе изданном диске.

Далее, потребители могут осмелиться копировать диски (например, путем восстановления данных и репродуцирования их в другом аналогичном диске носителя) и принимать их собственные коды доступа, основанные на серийных номерах,
 15 например, встроенных на предварительно форматированных записываемых дисках. Таким образом, может действительно поддерживаться распространение содержания от пользователя к пользователю, при этом перекрывая поток доходов для собственника содержания.

В одном из вариантов осуществления, однобитовые микроголографические данные могут воспроизводиться для массового распределения посредством инжекционного формования дисков-заготовок и последующего переноса данных на диски посредством оптического тиражирования, например засветки, как здесь обсуждается. Несколько местоположений на диске могут намеренно оставаться пустыми во время
 25 начального экспонирования данных, которые должны воспроизводиться. Упомянутые местоположения впоследствии записываются через дополнительные оптические экспонирования, соответствующие идентификационным номерам, в которых каждый номер является уникальным для каждого диска или набора дисков, использующего, например, пространственный световой модулятор. Эти
 30 местоположения также могут быть использованы для идентификационных номеров на пустых предварительно форматированных дисках.

Основываясь на ожидаемых требованиях хранения и емкостях хранения, содержащий информацию микроголографический диск размером с обычный CD диск
 35 может содержать почти до 50 стандартных полнометражных художественных фильмов, или около 10 полнометражных фильмов высокой четкости (HD), но не ограничиваясь этим. Содержание может группироваться любым числом способов. Например, контент-провайдер мог бы поместить фильмы в заданных рядах на диске,
 40 например, фильмы с конкретным главным актером или актрисой, или фильмы одного жанра. Серийный номер диска может быть указан на или в упаковке диска при подготовке розничной продажи. Когда потребитель покупает диск, упаковка может включать в себя код доступа, который предлагают ввести пользователю, когда он проигрывает диск. Код доступа соответствует ассоциированному серийному диску,
 45 чтобы позволить пользователю просматривать один и только один конкретный фильм на диске (или дискретный набор фильмов). Альтернативно, проигрыватель для диска может быть оборудован аппаратными средствами/программным обеспечением, чтобы позволить ему устанавливать связь с полномочиями использования, которые
 50 обеспечивают код активизации для проигрывателя в ответ на серийный номер, и возможно идентификаторы пользователя и позволенный в настоящий момент уровень доступа.

Независимо от этого, дисковод или считывающее устройство могут включать в себя

память, такую как твердотельные или магнитные запоминающие устройства, чтобы сохранять код доступа однажды, когда он вводится, так чтобы последующий просмотр фильма не потребовал повторного ввода номера.

5 Для того чтобы получить дополнительные коды активизации, которые соответствуют другим фильмам, содержащимся на диске, пользователь может устанавливать контакт с контент-провайдером или его агентом через компьютерную сеть, такую как Интернет, или по телефону (например, через бесплатный звонок).
 10 Альтернативно, проигрыватель может предлагать пользователю определить, желает ли пользователь купить дополнительное содержание, например, после попытки выбора цифрового содержания пользователем. Когда пользователь вводит другой код активизации или этот код обеспечивается, например, полномочиями использования, проигрыватель может сверять номер с серийным номером диска и только тогда
 15 позволить проигрывать фильм, если код и серийный номер соответствуют или ассоциированы. Соответственно, код доступа снабжается ключом для серийного номера специфического диска, который не воспроизводится, так что хотя данные, соответствующие фильму на диске, можно скопировать, код доступа, который разрешает доступ к этому фильму, является специфическим для исходного диска и не
 20 позволит копировать на другие диски для проигрывания.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, само содержание может воспроизводиться, например, на предварительно форматированном пустом диске носителя. Контент-провайдер может даже поощрять пользователей при
 25 предоставлении копии диска другим потребителям, чтобы разрешить пользователям нисходящих копий ограниченный доступ к содержанию диска. Каждый диск (предварительно форматированный или предварительно кодированный) может быть обеспечен уникальным или почти уникальным идентификатором. Серийный номер не будет передаваться во время копирования. Пользователь копии исходного носителя
 30 может устанавливать контакт с контент-провайдером или его агентом, аналогично пользователю исходного диска, и запрашивать коды доступа, соответствующие серийному номеру копии диска носителя. Таким образом, содержание распространяется, при этом руководствуясь соответствующими авторскими правами.

Согласно одному из аспектов настоящего изобретения, микроголографическая
 35 система тиражирования может обеспечивать возможность однозначно выпускать каждый серийный диск способом, который считывается только микроголографическим дисководом. Микроголограммы могут записываться в резервных областях диска носителя посредством интерферирования, например, двух
 40 встречных лазерных лучей. Диски носителей могут содержать множественное содержание, такое как художественные фильмы или другое содержание, которое может позволять доступ только при приобретении, индивидуально.

Чтобы сравнивать коды доступа и серийные номера на дисках, смотреть, соответствуют ли они, могут быть использованы аппаратные средства и/или
 45 программное обеспечение. Для хранения кода доступа может быть использована память, чтобы будущий просмотр содержания не требовал повторного ввода кода. Может быть обеспечена коммерческая модель, в которой новые коды должны покупаться, чтобы получить доступ к дополнительному содержанию на диске. Могут
 50 быть обеспечены предварительно снабженные серийными номерами считываемые диски, на которые может копироваться содержание и для которых могут быть использованы новые коды доступа, чтобы получать доступ к копированному содержанию.

Использование диска, содержащего микроголограммы, и считывающего дисковода с уникальными серийными номерами и коммерческой модели, позволяющей покупать содержимое после получения носителя, может обеспечить несколько преимуществ.

Например, доходы могут создаваться посредством облегчения покупки

дополнительного содержания, уже имеющегося на пользовательском диске. Защита авторских прав может быть улучшена через серийную нумерацию дисков, имеющих содержание, и считываемых дисков, и посредством предотвращения копирования серийных номеров. Могут быть обеспечены средства распространения содержания через копирование пользователями дисков с содержанием и последующего санкционирования доступа к этим дискам. Могут быть обеспечены многочисленные художественные фильмы, альбомы-пластинки или другое содержание, независимо активизируемое на одном диске.

Должно быть понятно, что описанная здесь модель сохранения доходов не ограничивается объемными системами и способами хранения, использующими материалы с нелинейным и/или пороговым откликом, но имеют широкую применимость к объемным системам и способам хранения данных вообще, включая те, которые используют материалы с линейным откликом, такие как которые описаны в американской патентной публикации 20050136333, полное раскрытие которой включено здесь ссылкой.

Специалистам в данной области техники должно быть очевидно, что в устройстве и процессе настоящего изобретения могут быть выполнены модификации и вариации, не отклоняясь от сущности и не выходя за рамки настоящего изобретения.

Подразумевается, что настоящее изобретение охватывает такие модификации и вариации настоящего изобретения, включая все его эквиваленты.

Формула изобретения

1. Устройство хранения данных, содержащее:

пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных вдоль дорожек во множестве вертикально упакованных, латерально простирающихся слоев, причем подложка содержит термопластичный материал и краситель, при этом упомянутая подложка проявляет нелинейную оптически чувствительную функциональную характеристику, причем нелинейная оптически чувствительная функциональная характеристика является пороговой функциональной характеристикой; и

множество микроголограмм, каждая из которых содержится в соответствующем одном из упомянутых объемов;

при этом наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из упомянутых объемов характеризует соответствующий участок хранимых данных.

2. Устройство по п.1, в котором упомянутая подложка представляет собой диск диаметром приблизительно 120 мм.

3. Устройство по п.1, в котором подложка дополнительно содержит тепловой катализатор.

4. Устройство по п.1, в котором упомянутый краситель представляет собой краситель - обратно насыщаемый поглотитель.

5. Устройство по п.1, в котором подложка содержит блок сополимер оксида полиэтилена/полистирола.

6. Устройство по п.1, в котором упомянутая подложка содержит блок сополимер поликарбоната/полиэстера.

7. Устройство по п.1, в котором упомянутая подложка содержит ортонитrostильбен содержащий полимер.

8. Устройство по п.1, в котором упомянутая подложка содержит ортонитrostильбен и полиметилметакрилат.

9. Устройство по п.1, в котором упомянутая подложка содержит поликарбонат.

10. Устройство по п.1, в котором упомянутые микроголограммы являются, по существу, круглыми.

11. Устройство по п.1, в котором упомянутые микроголограммы являются продолговатыми.

12. Устройство по п.1, в котором упомянутая подложка представляет собой диск, имеющий центр, причем, по меньшей мере, один из упомянутых слоев закручивается спирально к упомянутому центру диска, и, по меньшей мере, другой из упомянутых слоев закручивается спирально от упомянутого центра диска.

13. Устройство по п.1, в котором каждый из упомянутых слоев имеет начальную и конечную точки, и, по меньшей мере, одна из упомянутых начальных точек является, по существу, вертикально выровненной с, по меньшей мере, одной из упомянутых конечных точек.

14. Устройство по п.1, дополнительно содержащее второе множество микроголограмм в упомянутой подложке, которое характеризует информацию трекинга.

15. Устройство по п.14, в котором каждая из микроголограмм, характеризующих данные, и упомянутого второго множества микроголограмм имеет ось, и ось упомянутых микроголограмм, характеризующих данные, является отличной от оси упомянутого второго множества микроголограмм.

16. Устройство по п.15, в котором угол, ассоциированный с осью заданной одной из упомянутого второго множества микроголограмм, характеризует ее положение в подложке.

17. Способ хранения данных, содержащий этапы, на которых: обеспечивают пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных вдоль дорожек во множестве вертикально упакованных, латерально простирающихся слоев, причем подложка содержит термопластичный материал и краситель, при этом упомянутая подложка проявляет нелинейную оптически чувствительную функциональную характеристику, причем нелинейная оптически чувствительная функциональная характеристика является пороговой функциональной характеристикой; и

формируют множество микроголограмм в упомянутой подложке; при этом каждая из упомянутых микроголограмм, по существу, содержится в соответствующем одном из упомянутых объемов, и наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из упомянутых объемов характеризует соответствующий участок данных.

18. Способ по п.17, в котором упомянутые микроголограммы селективно формируются в зависимости от данных.

19. Способ хранения и удаления данных, содержащий этапы, на которых: обеспечивают пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных вдоль дорожек во множестве вертикально упакованных, латерально простирающихся слоев, причем подложка содержит термопластичный материал и краситель, при этом упомянутая подложка проявляет нелинейную оптически чувствительную функциональную характеристику, причем нелинейная оптически

чувствительная функциональная характеристика является пороговой функциональной характеристикой; и

формируют множество микроголограмм в упомянутой подложке;

при этом каждая из упомянутых микроголограмм, по существу, содержится в соответствующем одном из упомянутых объемов, и наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из упомянутых объемов характеризует соответствующий участок данных;

при этом способ дополнительно содержит этап, на котором селективно удаляют выбранные одни из микроголограмм в зависимости от данных.

20. Способ по п.17, в котором упомянутое формирование содержит интерференцию двух встречных световых лучей.

21. Способ по п.20, дополнительно содержащий этап, на котором фокусируют один из упомянутых световых лучей.

22. Способ по п.21, в котором один из упомянутых лучей является расходящимся.

23. Способ по п.21, дополнительно содержащий этап, на котором отражают один из упомянутых световых лучей для обеспечения другого из упомянутых световых лучей.

24. Способ по п.20, дополнительно содержащий этап, на котором селективно матируют, по меньшей мере, один из световых лучей в зависимости от данных.

25. Способ по п.17, дополнительно содержащий этап, на котором формируют второе множество голограмм, имеющих направление отражения, отличное от соответствующего направления упомянутого множества голограмм.

26. Способ по п.25, в котором упомянутое второе множество голограмм задает упомянутые дорожки.

27. Способ по п.17, дополнительно содержащий этап, на котором формируют второе множество микроголограмм на заданном разнесении, причем разнесение характеризует положение внутри их подложки.

28. Способ по п.17, дополнительно содержащий этап, на котором формируют второе множество микроголограмм, при этом, по меньшей мере, одна из упомянутого второго множества микроголограмм расположена в общем одном из объемов совместно с, по меньшей мере, одной из множества микроголограмм.

29. Способ по п.17, дополнительно содержащий этап, на котором освещают упомянутые микроголограммы через вторую пластиковую подложку.

30. Способ по п.29, в котором упомянутое освещение индуцирует картину изменений показателя преломления в упомянутой второй пластиковой подложке.

31. Способ по п.30, дополнительно содержащий этап, на котором освещают упомянутую вторую пластиковую подложку через третью пластиковую подложку, причем упомянутое освещение упомянутой второй пластиковой подложки через третью пластиковую подложку дублирует упомянутое множество микроголограмм в упомянутой третьей подложке.

32. Способ по п.31, в котором упомянутое освещение использует лазерные лучи.

33. Способ по п.32, в котором упомянутые лазерные лучи имеют центральную длину волны, соответствующую упомянутым микроголограммам.

34. Способ по п.33, в котором упомянутая центральная длина волны составляет приблизительно 532 нм.

35. Способ хранения данных, содержащий этапы, на которых: обеспечивают пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных вдоль дорожек во множестве вертикально упакованных, латерально

простирающихся слоев, причем подложка содержит термопластичный материал и краситель, при этом упомянутая подложка проявляет нелинейную оптически чувствительную функциональную характеристику; и

формируют множество микроголограмм в упомянутой подложке;

при этом каждая из упомянутых микроголограмм, по существу, содержится в соответствующем одном из упомянутых объемов, и наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из упомянутых объемов характеризует соответствующий участок данных;

при этом способ дополнительно содержит этап, на котором освещают упомянутые микроголограммы через вторую пластиковую подложку, причем упомянутое освещение индуцирует картину изменений показателя преломления в упомянутой второй пластиковой подложке; и

при этом способ дополнительно содержит этап, на котором освещают упомянутую вторую пластиковую подложку через третью пластиковую подложку, причем упомянутое освещение упомянутой второй пластиковой подложки через третью пластиковую подложку дублирует упомянутое множество микроголограмм в упомянутой третьей подложке.

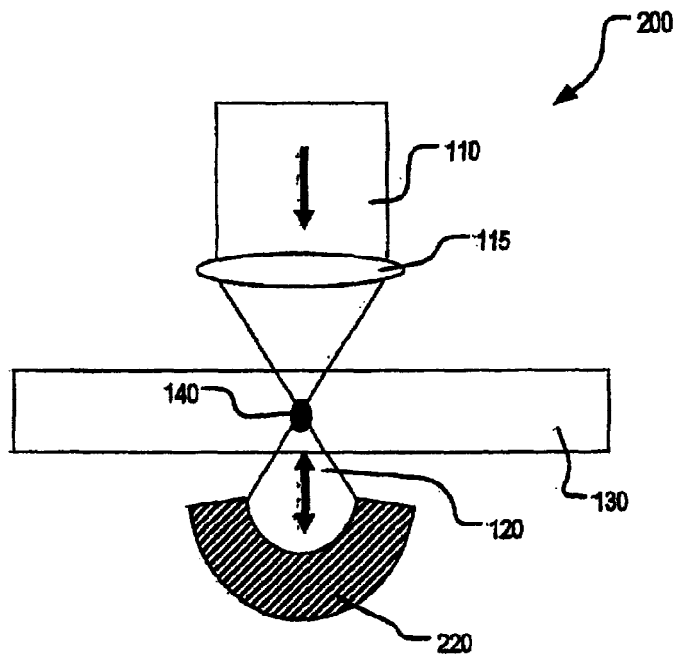
36. Устройство хранения данных, содержащее:

пластиковую подложку, имеющую множество объемов, расположенных вдоль дорожек во множестве вертикально упакованных, латерально простирающихся слоев, причем подложка содержит термопластичный материал и краситель, при этом упомянутая подложка проявляет нелинейную оптически чувствительную функциональную характеристику; и

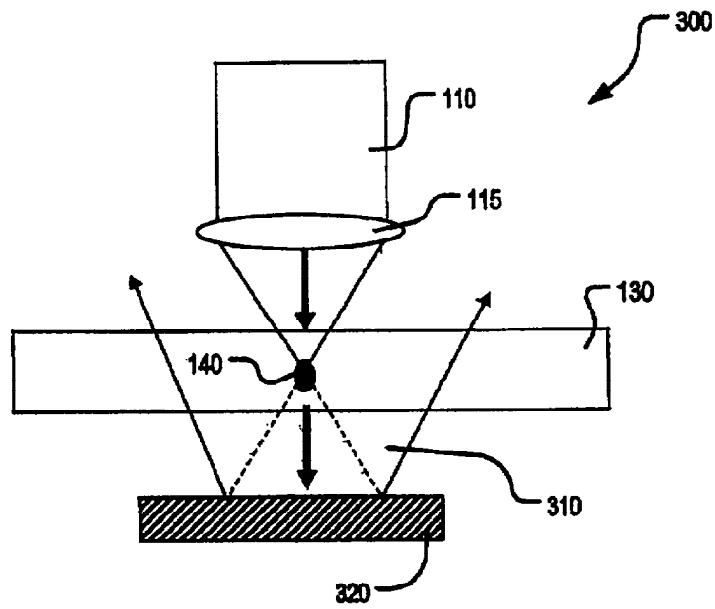
множество микроголограмм, каждая из которых содержится в соответствующем одном из упомянутых объемов;

при этом наличие или отсутствие микроголограммы в каждом из упомянутых объемов характеризует соответствующий участок хранимых данных,

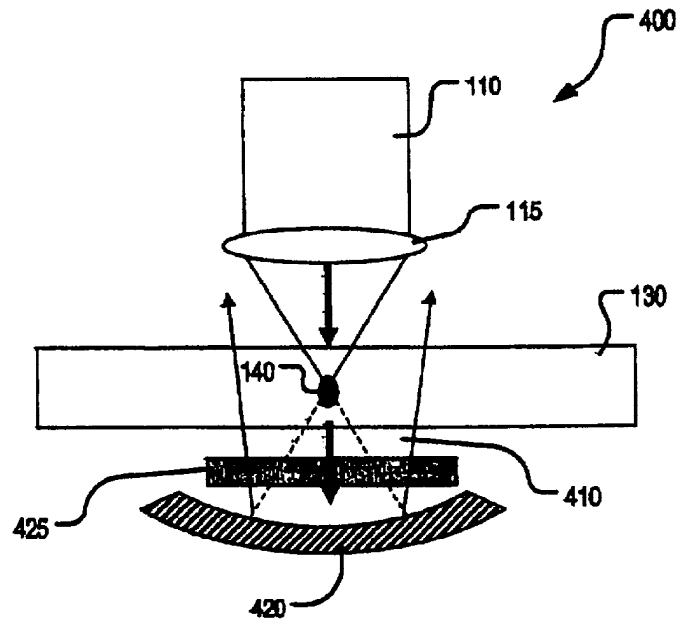
при этом устройство дополнительно содержит второе множество микроголограмм в упомянутой подложке, которое характеризует информацию трекинга, причем каждая из микроголограмм, характеризующих данные, и упомянутого второго множества микроголограмм имеет ось, и ось упомянутых микроголограмм, характеризующих данные, является отличной от оси упомянутого второго множества микроголограмм.



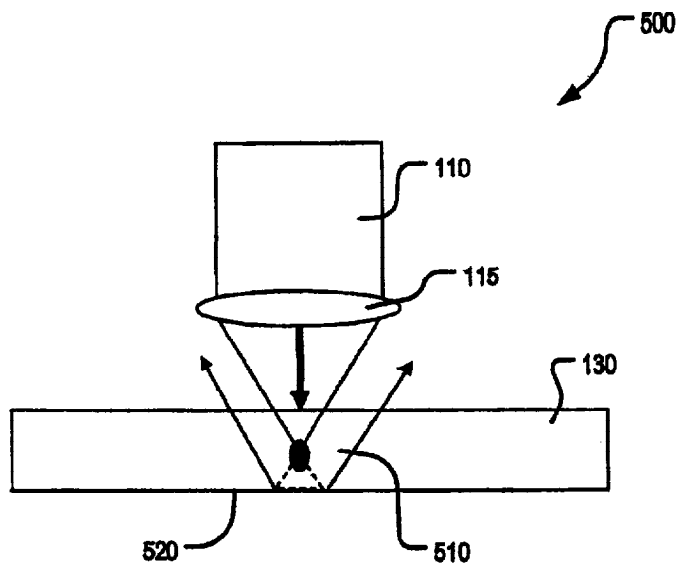
Фиг.2



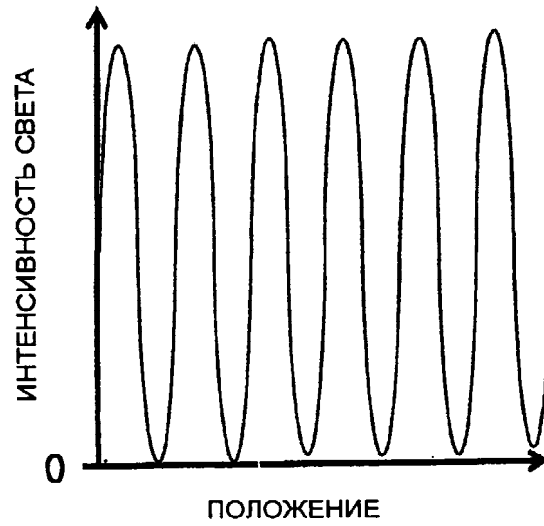
Фиг.3



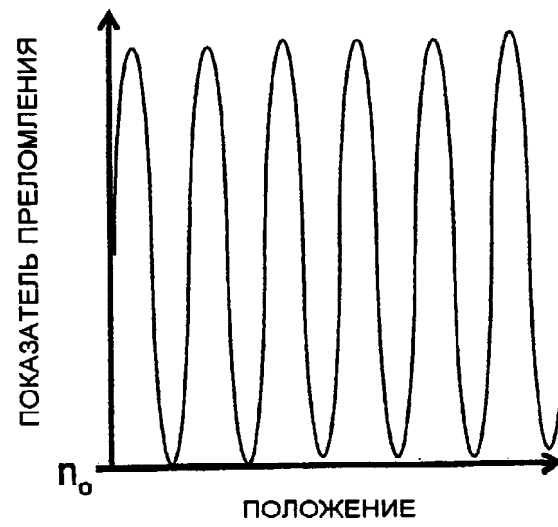
Фиг.4



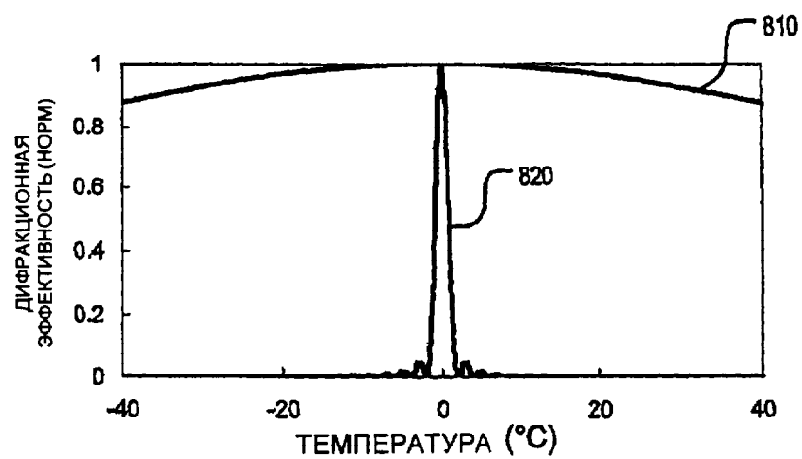
Фиг.5



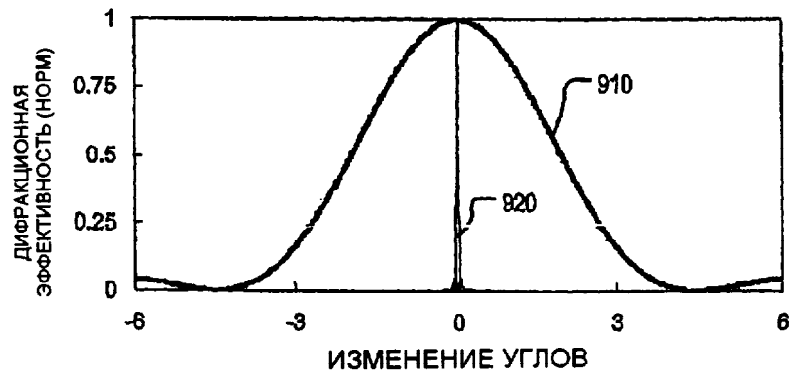
Фиг.6



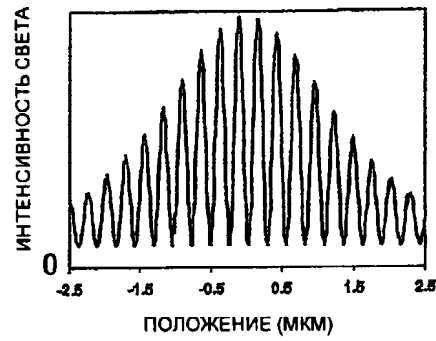
Фиг.7



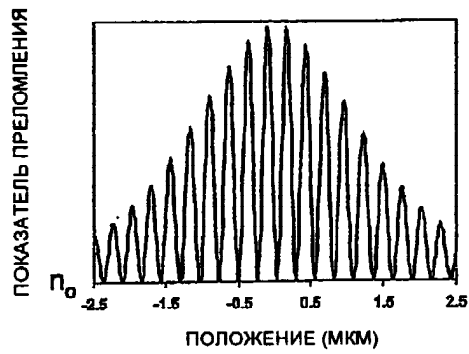
Фиг.8



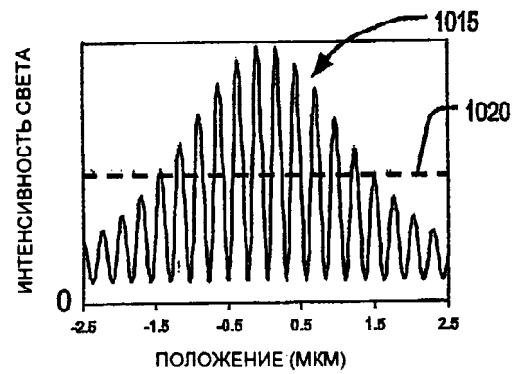
Фиг.9



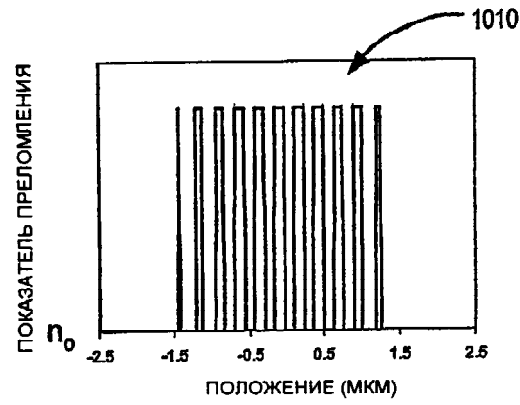
Фиг.10А



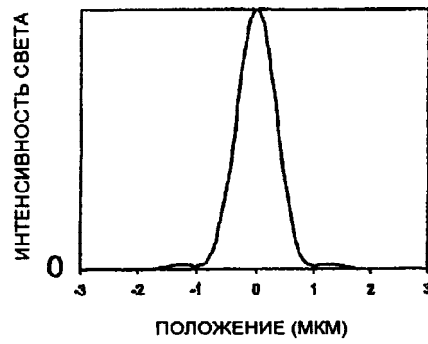
Фиг.10В



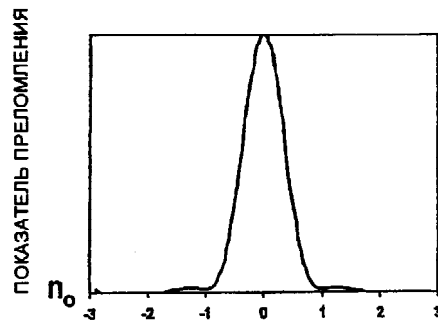
Фиг.10С



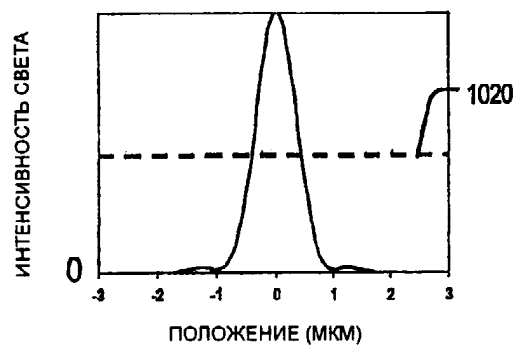
Фиг.10D



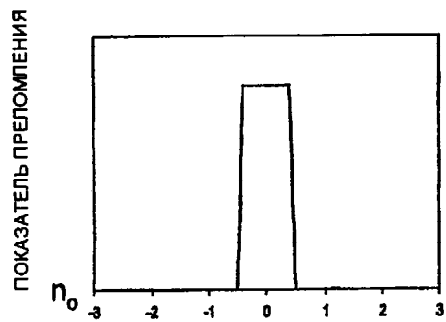
Фиг.11А



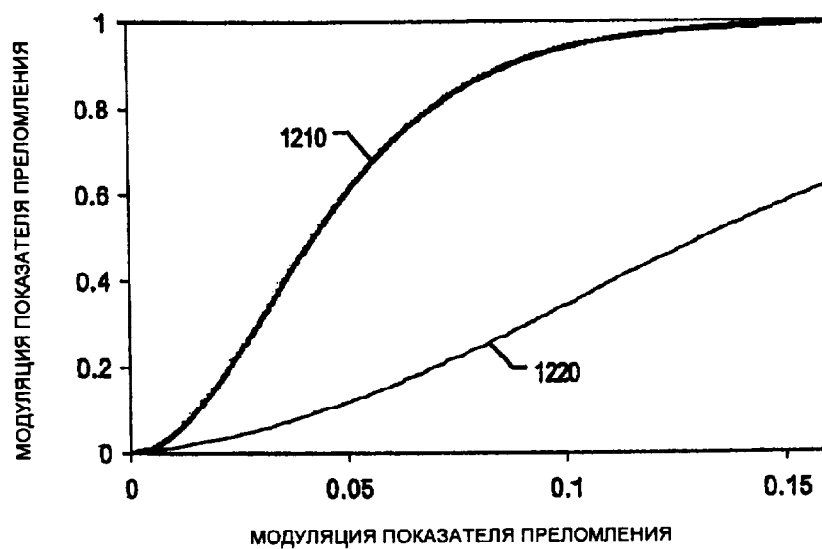
Фиг.11В



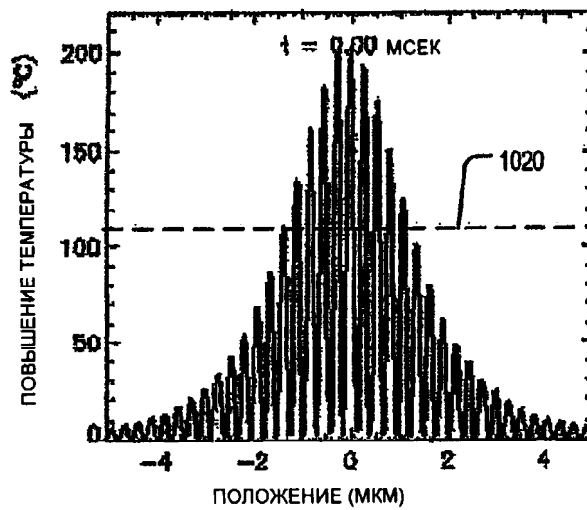
Фиг.11С



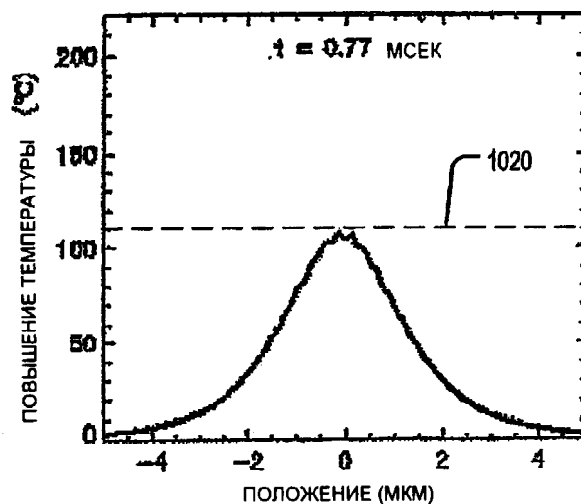
Фиг.11D



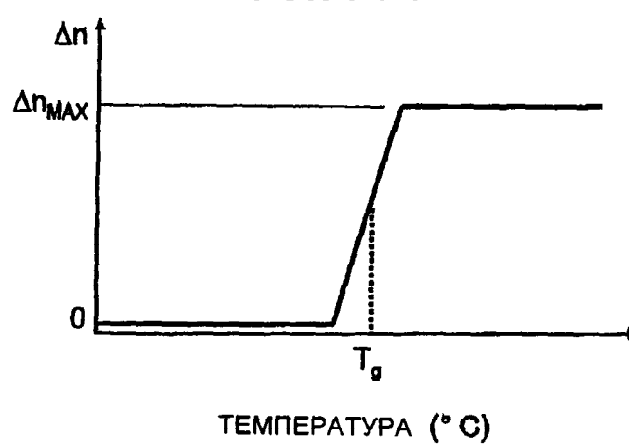
Фиг.12



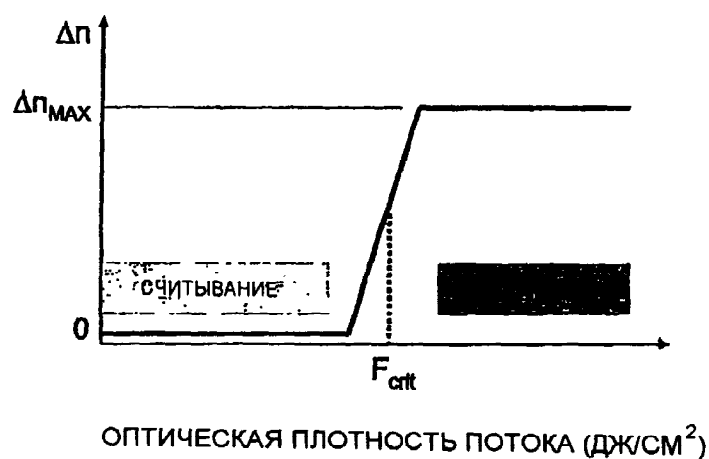
Фиг.13A



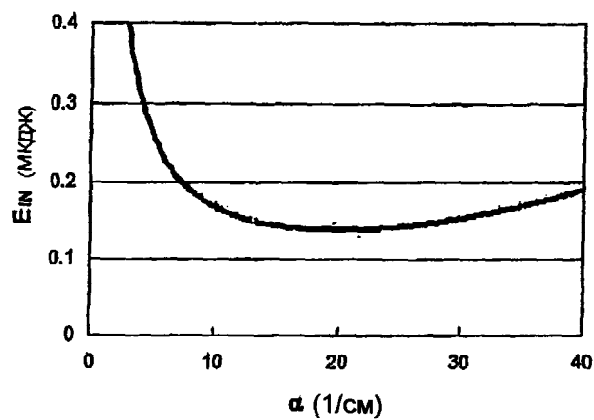
Фиг.13В



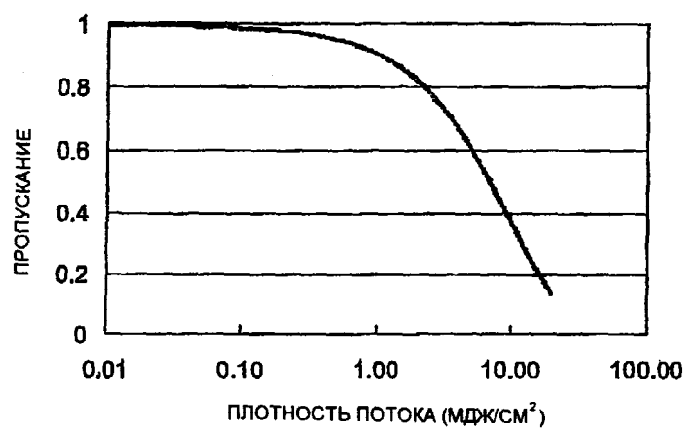
Фиг.14А



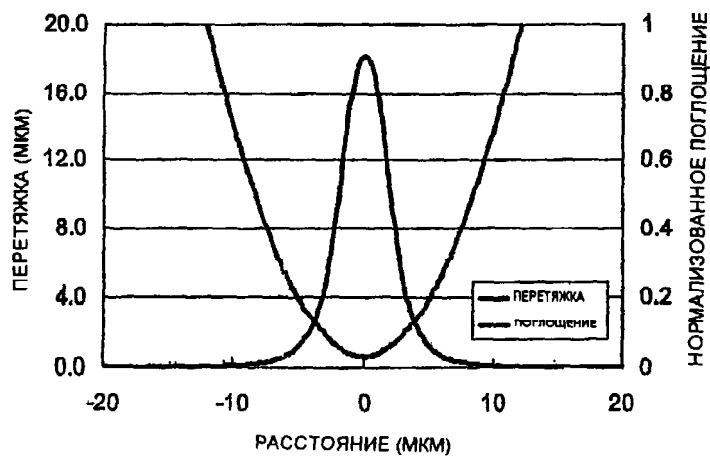
Фиг.14В



Фиг.15А



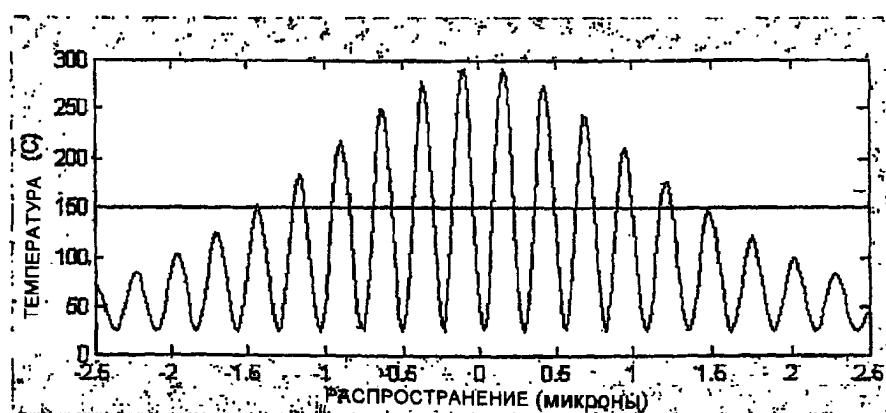
Фиг.15В



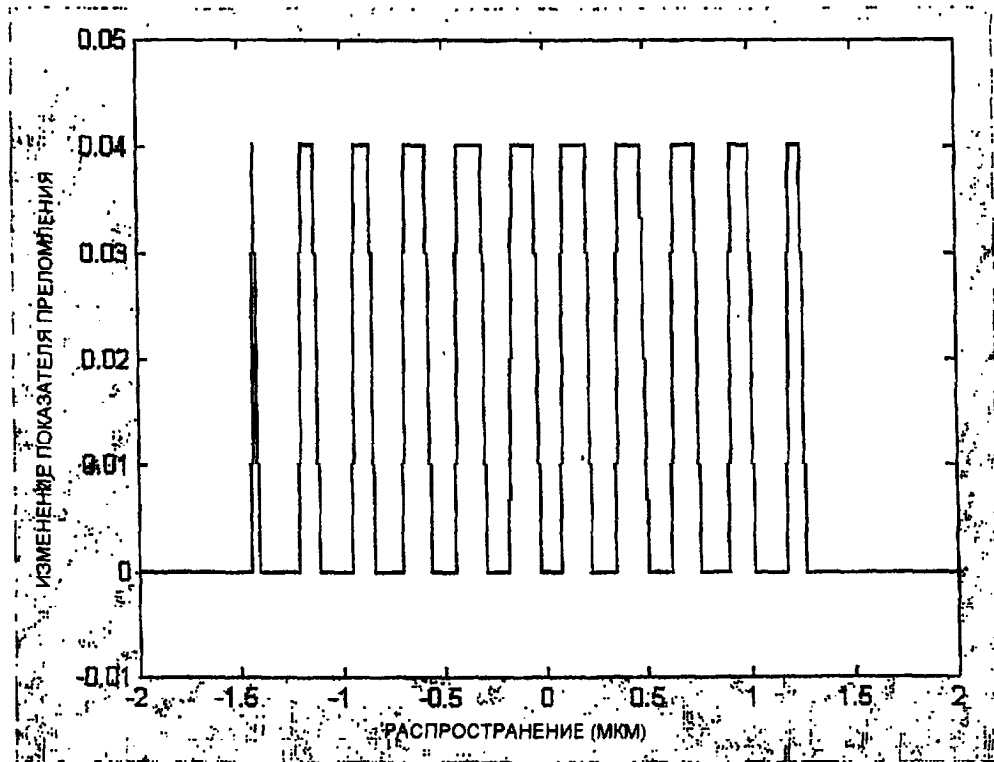
Фиг.15С



Фиг.16А

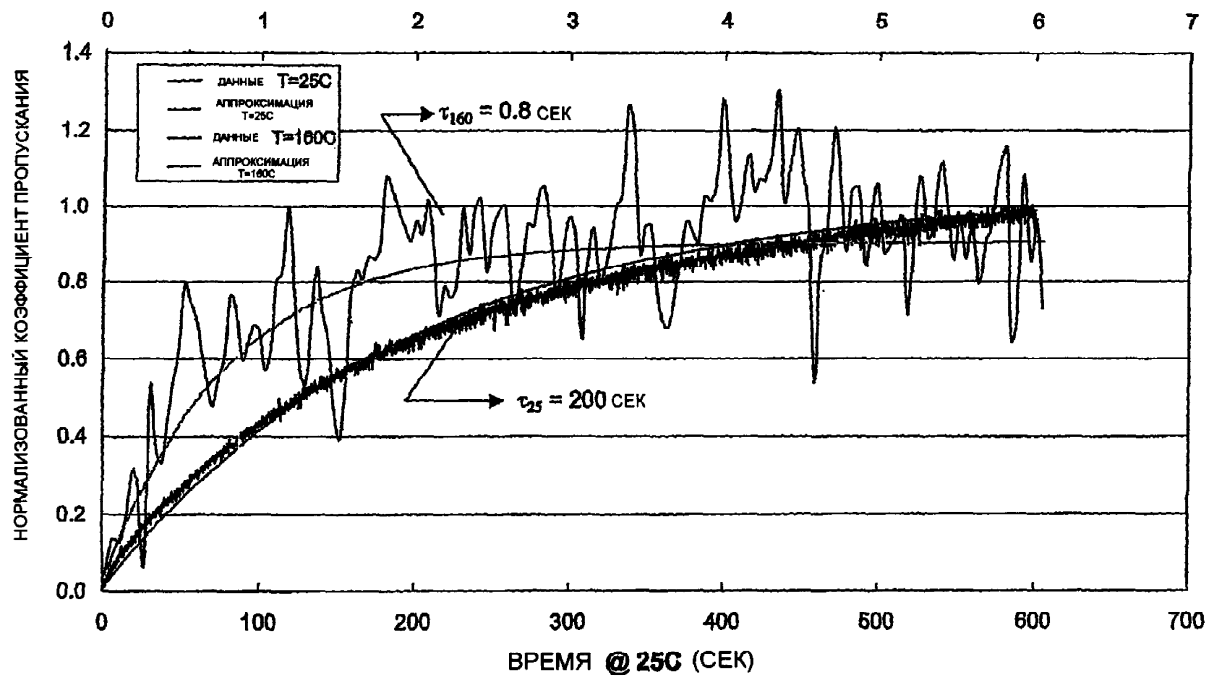


Фиг.16В

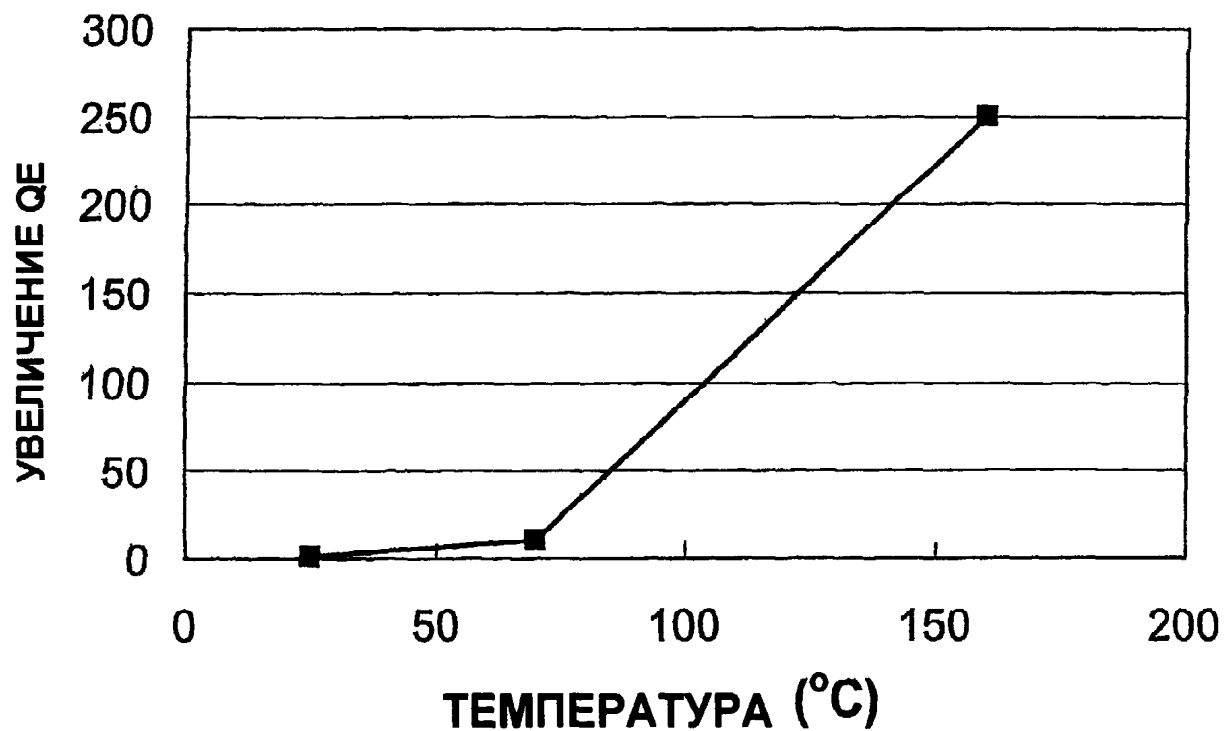


Фиг.16С

ВРЕМЯ @ 160С (СЕК)

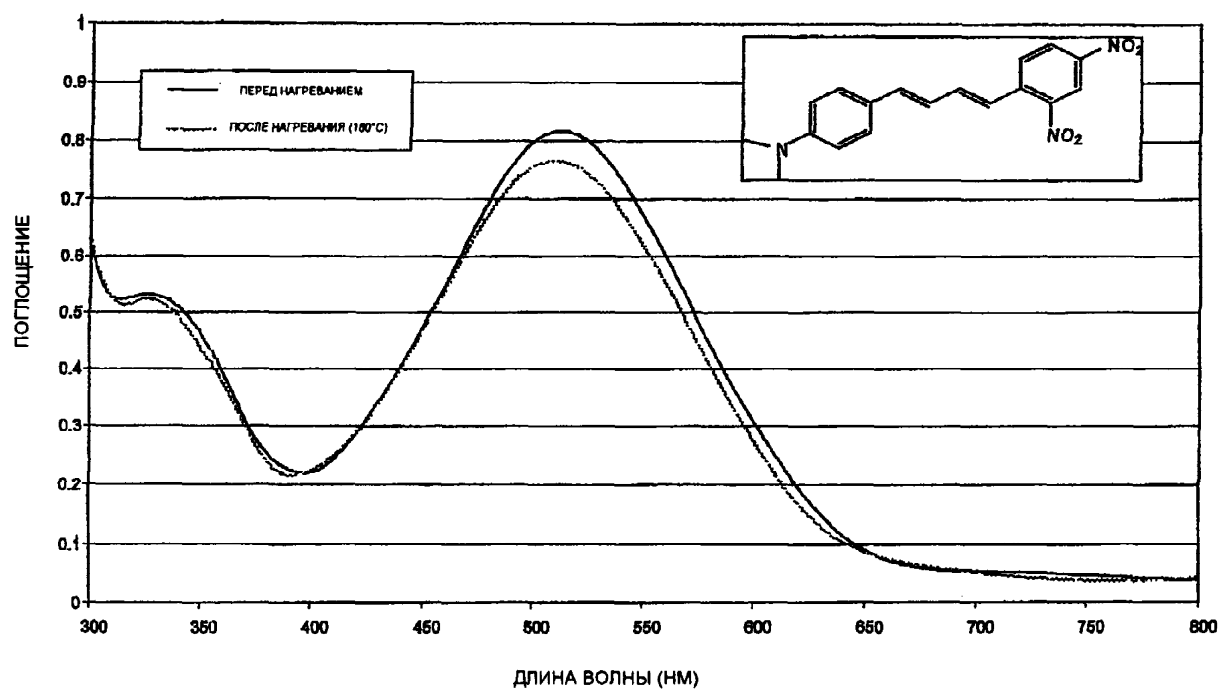


Фиг.17А

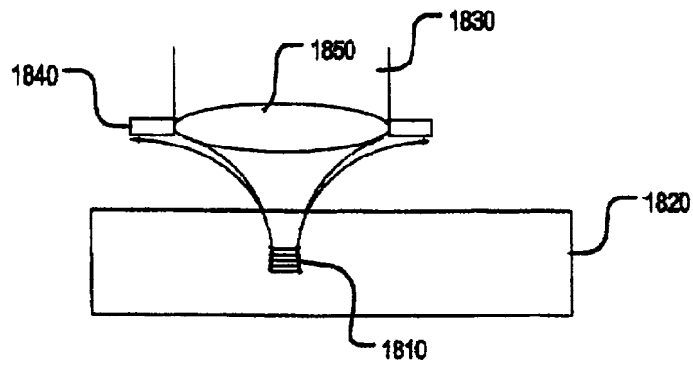


Фиг.17В

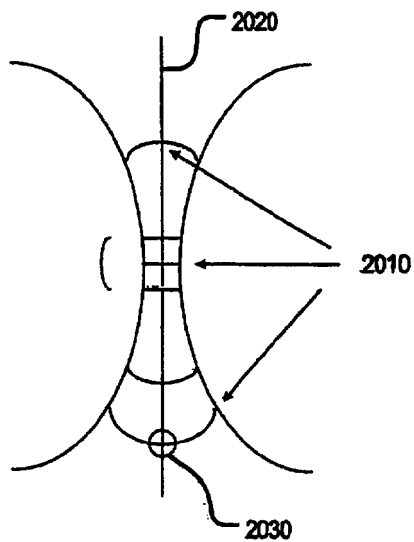
ОБРАЗЕЦ ВЫТЯНУТОГО ДИМЕТИЛАМИНО ДИНИТРОСТИЛЬБЕНА
ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОСВЕТЛЕНИЯ



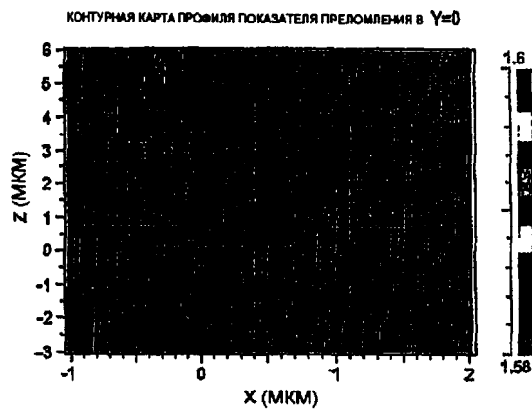
Фиг.17С



Фиг.18



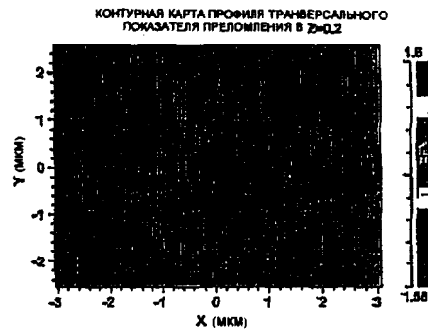
Фиг.20



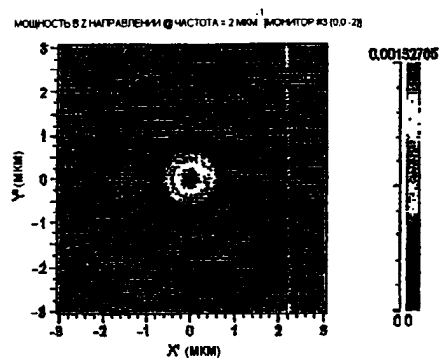
Фиг.19А



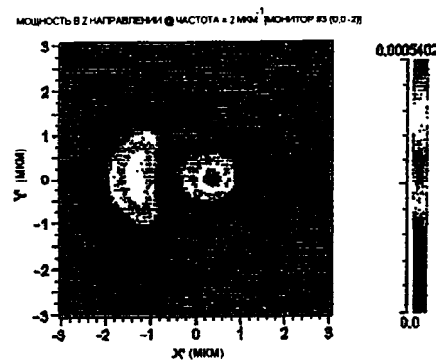
Фиг.19В



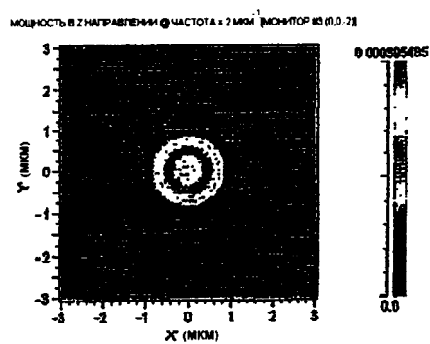
Фиг.19С



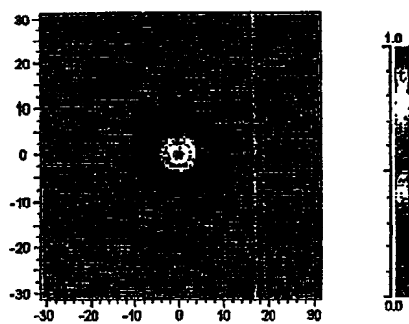
Фиг.21А



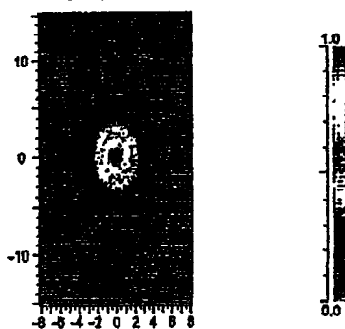
Фиг.21В



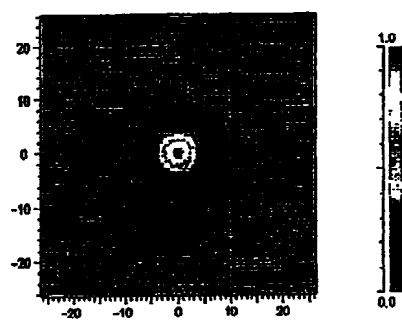
Фиг.21С



Фиг.22А

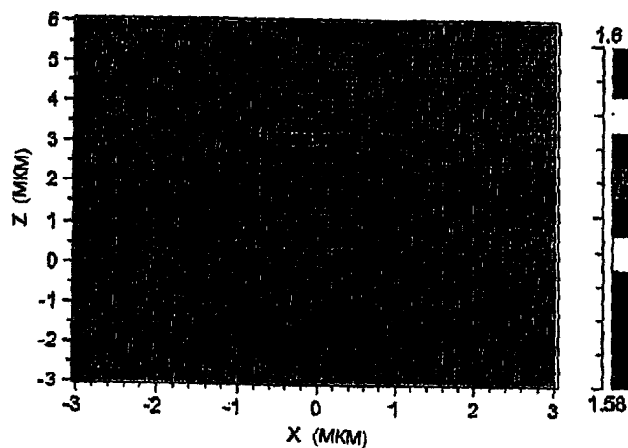


Фиг.22В



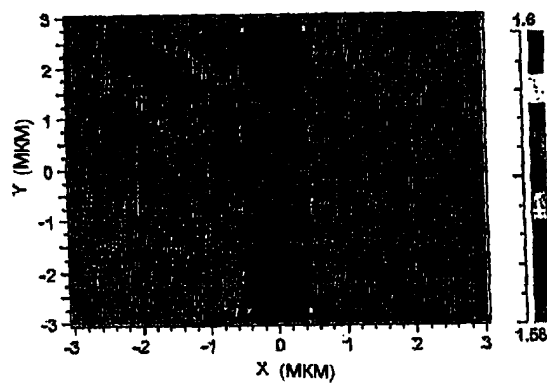
Фиг.22С

КОНТУРНАЯ КАРТА ПРОФИЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В $Y=0$



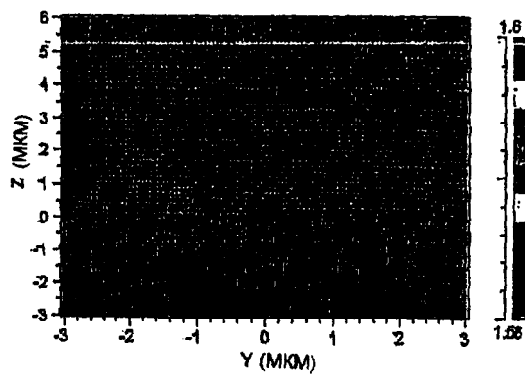
Фиг.23А

КОНТУРНАЯ КАРТА ПРОФИЛЯ ТРАНВЕРСАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В $Z=0.2$

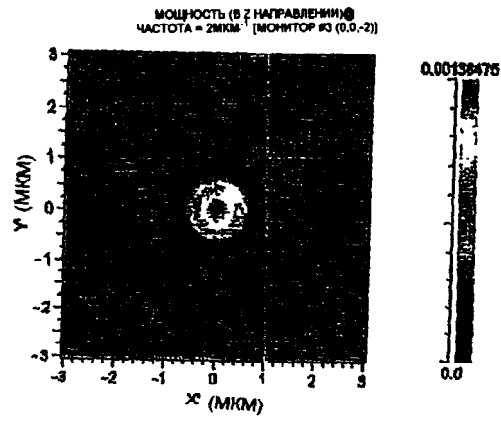


Фиг.23В

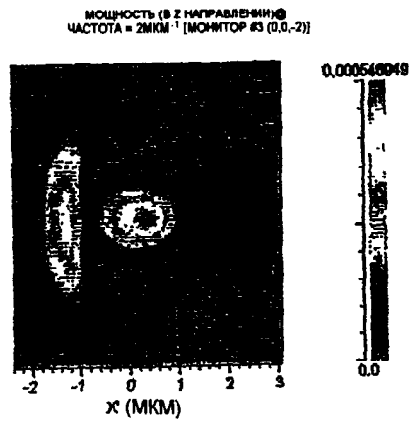
КОНТУРНАЯ КАРТА ПРОФИЛЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ В $X=0$



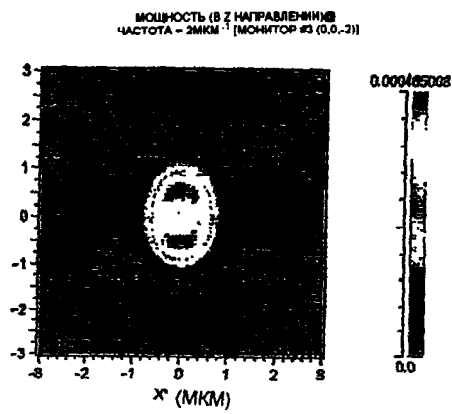
Фиг.23С



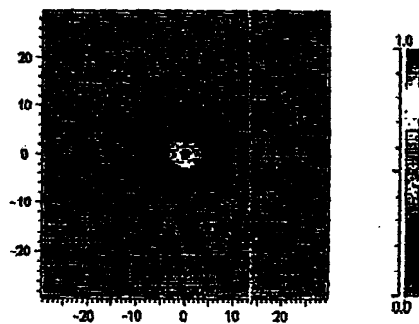
Фиг.24А



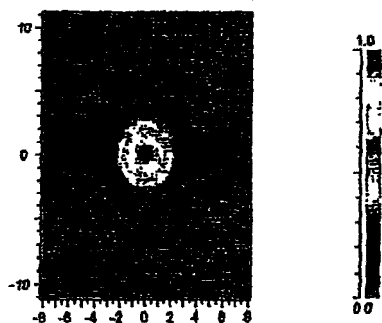
Фиг.24В



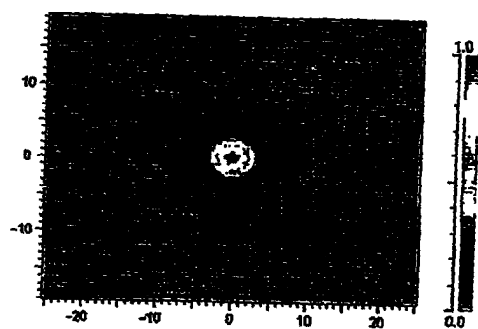
Фиг.24С



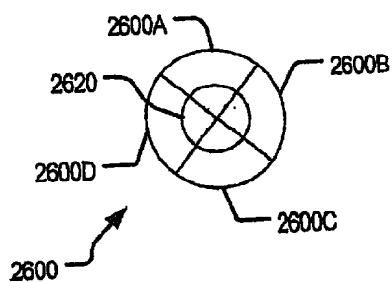
Фиг.25А



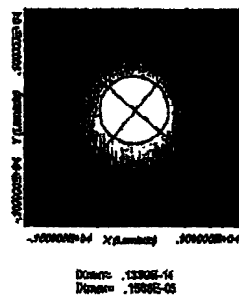
Фиг.25В



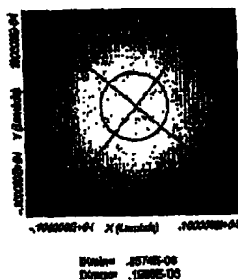
Фиг.25С



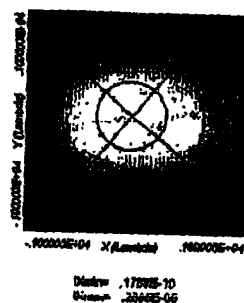
Фиг.26А



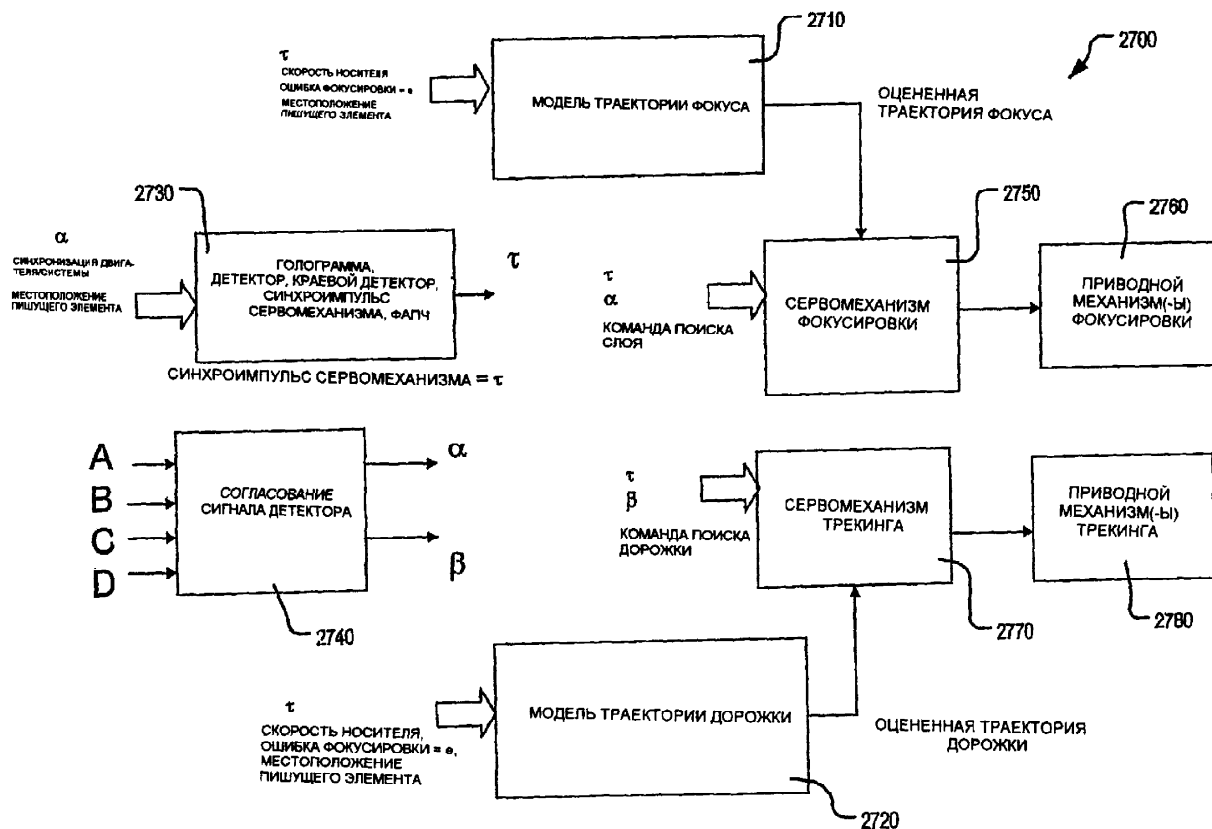
Фиг.26В



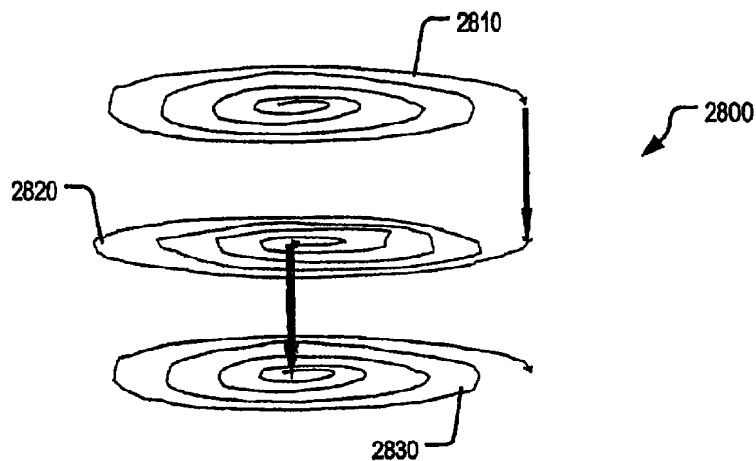
Фиг.26С



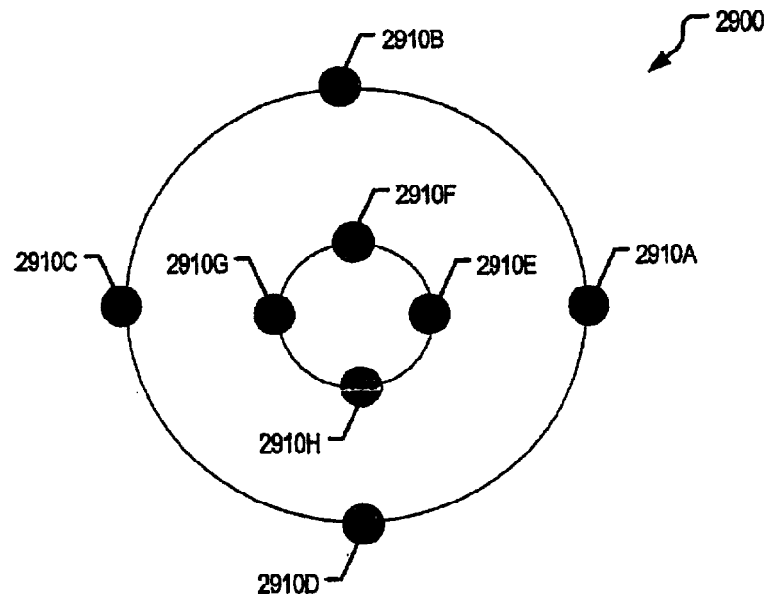
Фиг.26D



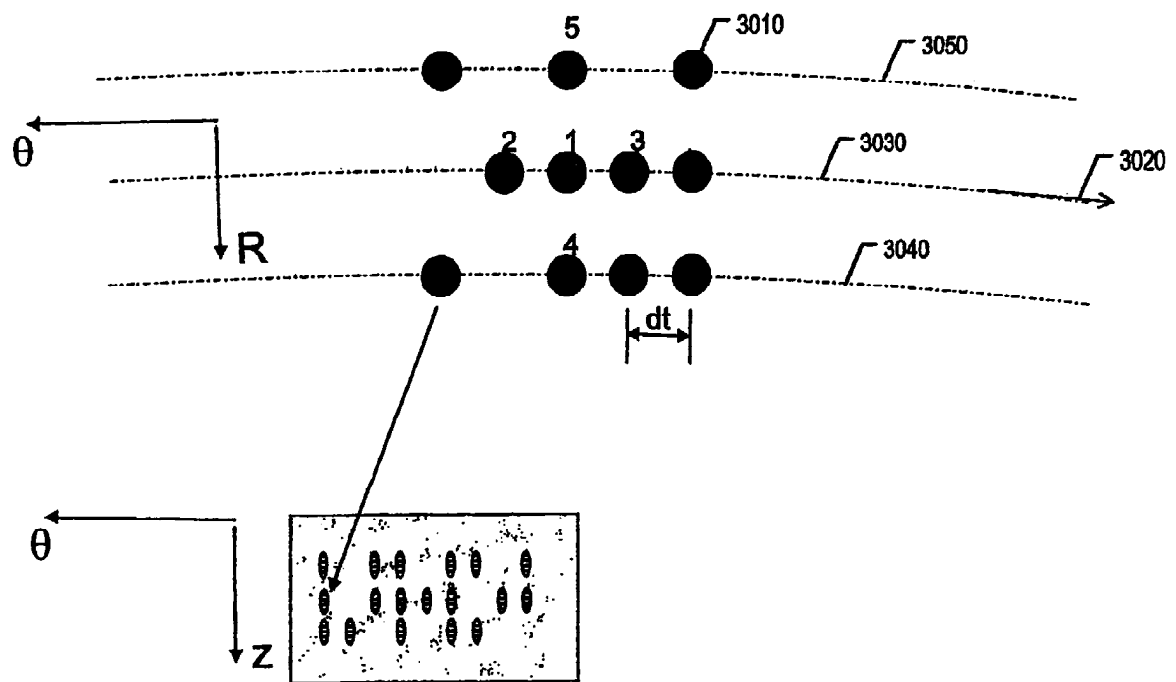
Фиг.27



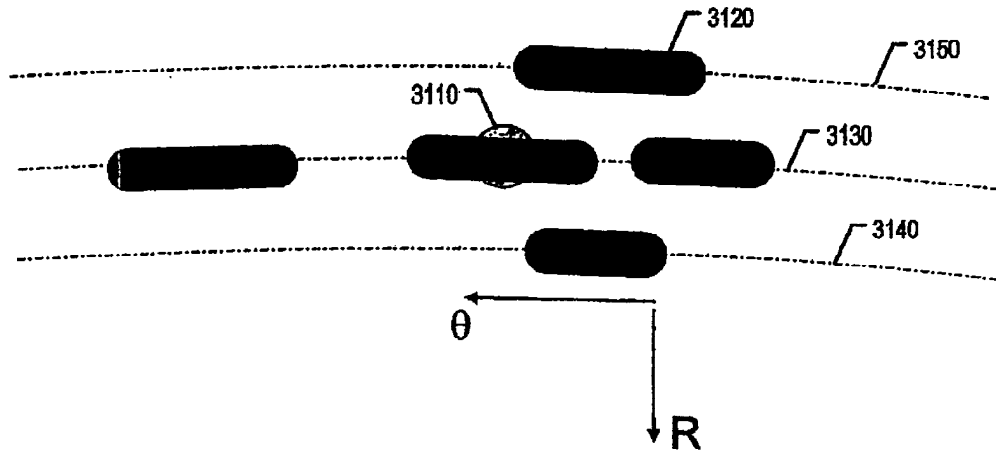
Фиг.28



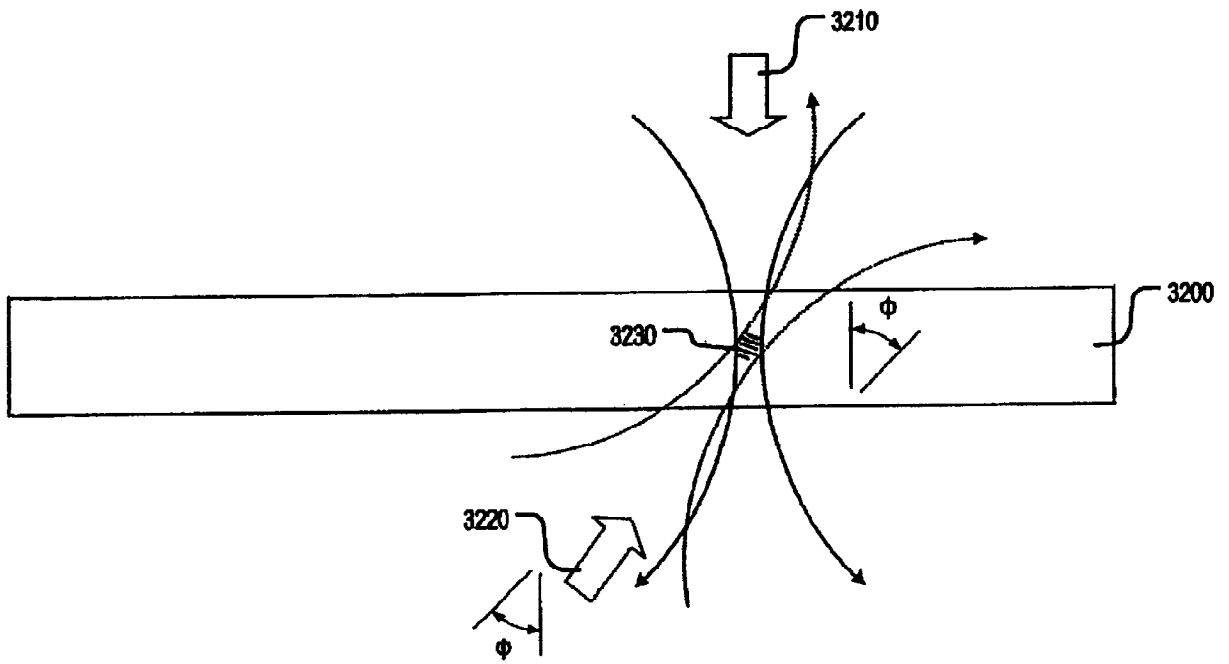
Фиг.29



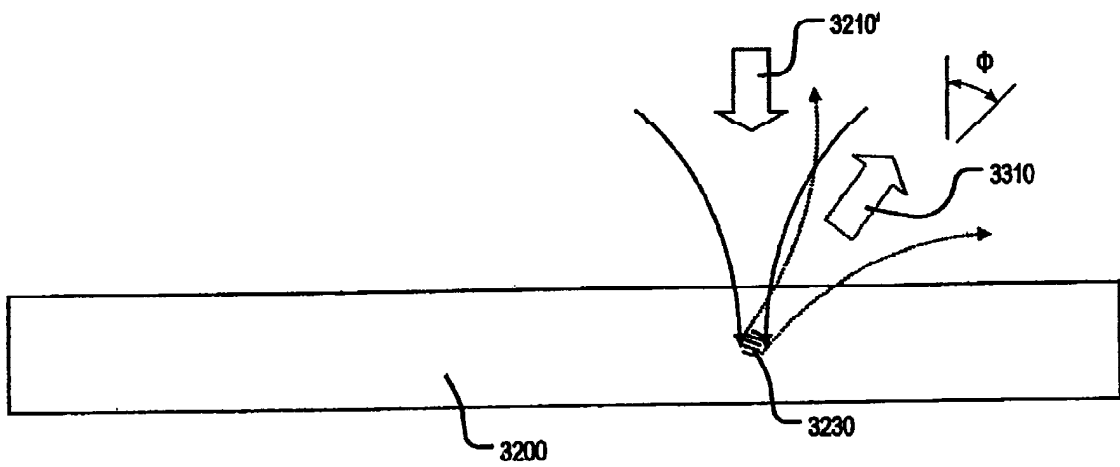
Фиг.30



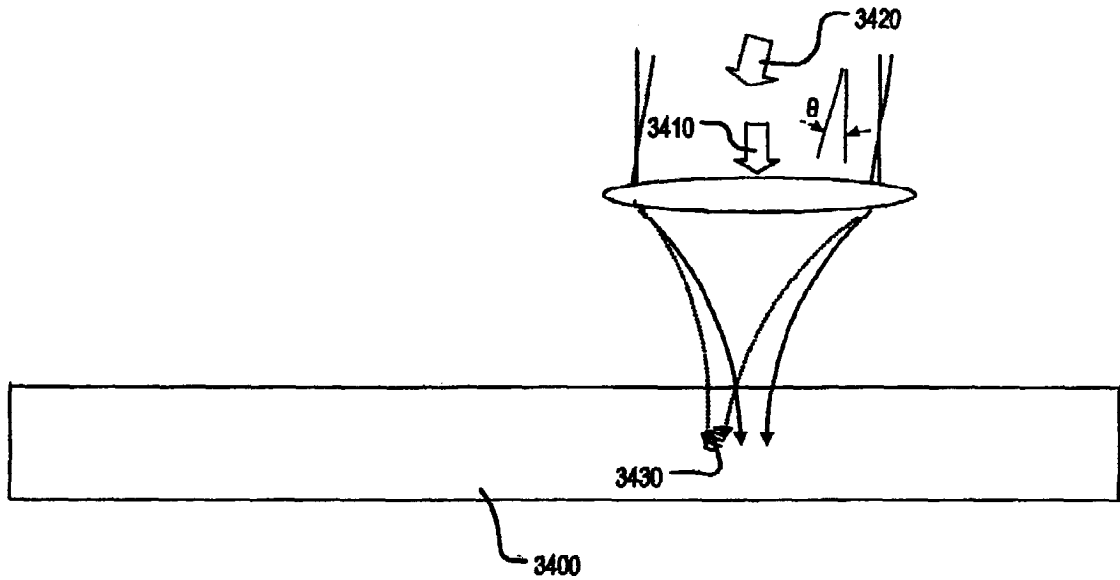
Фиг.31



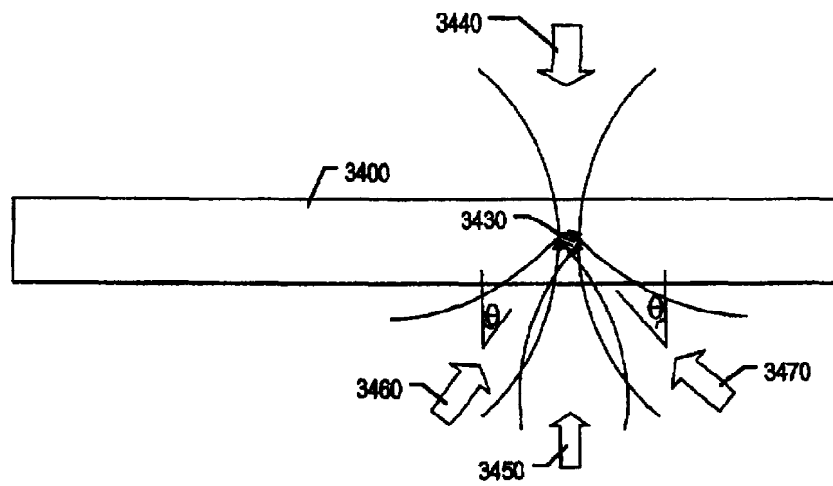
Фиг.32



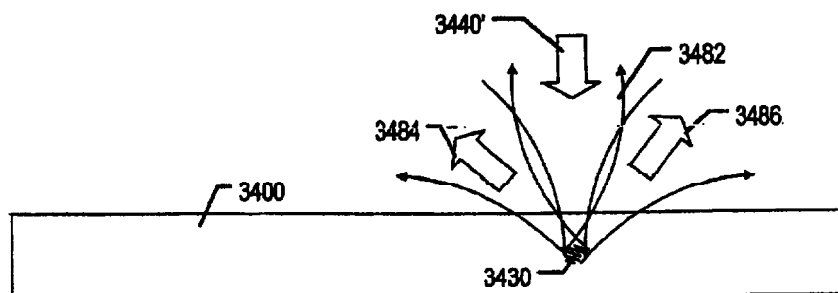
Фиг.33



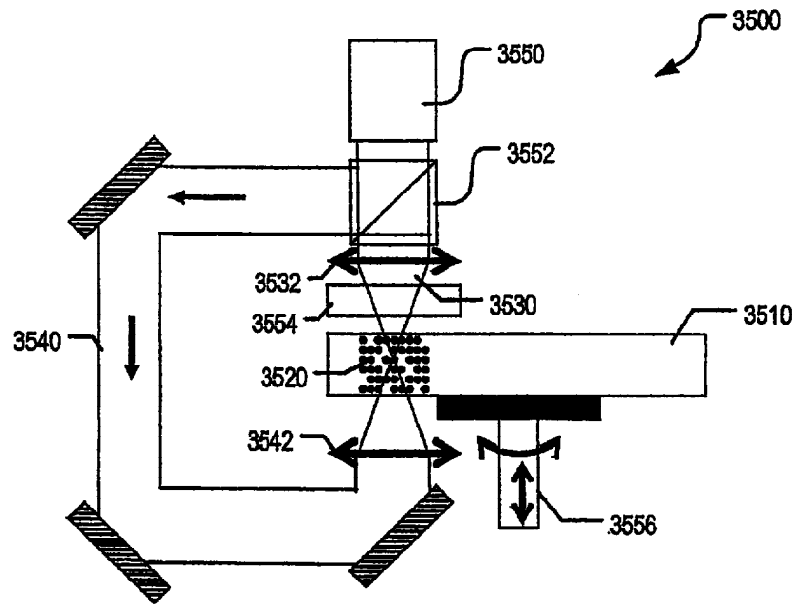
Фиг.34А



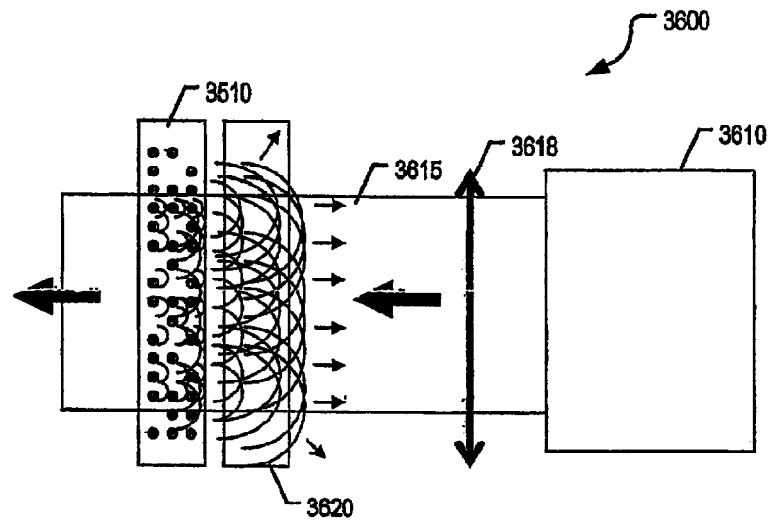
Фиг.34В



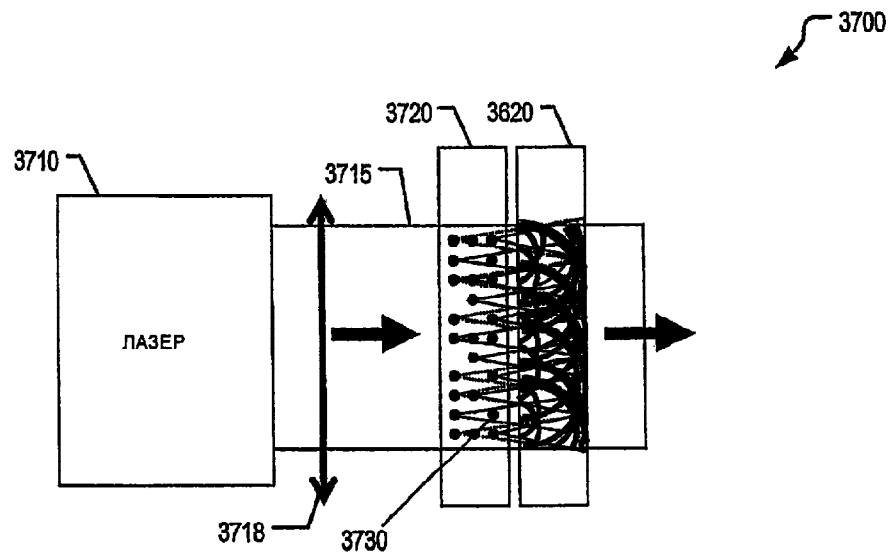
Фиг.34С



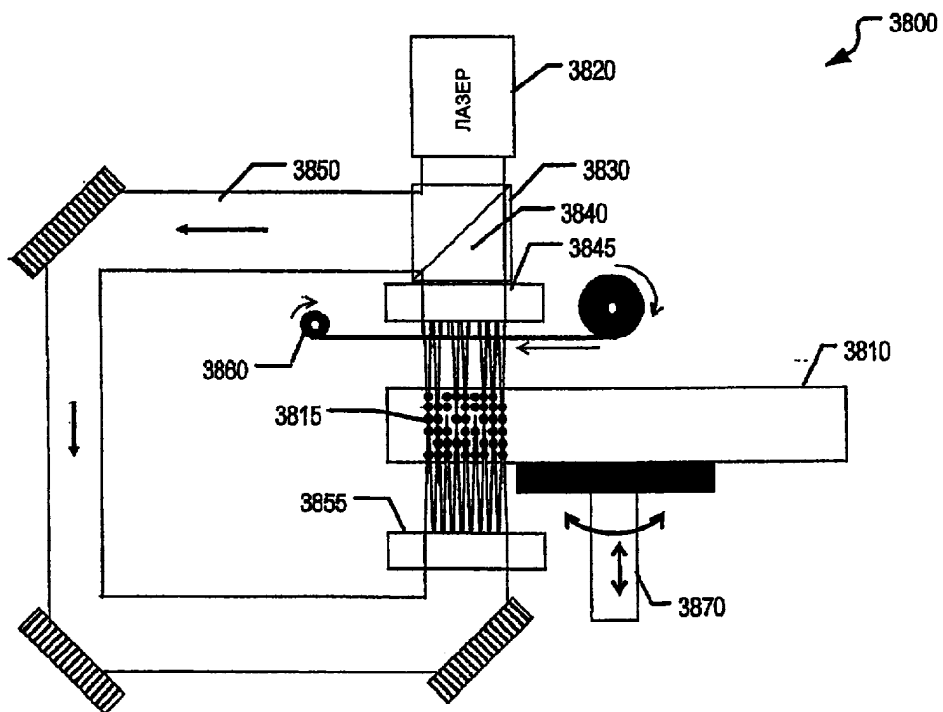
Фиг.35



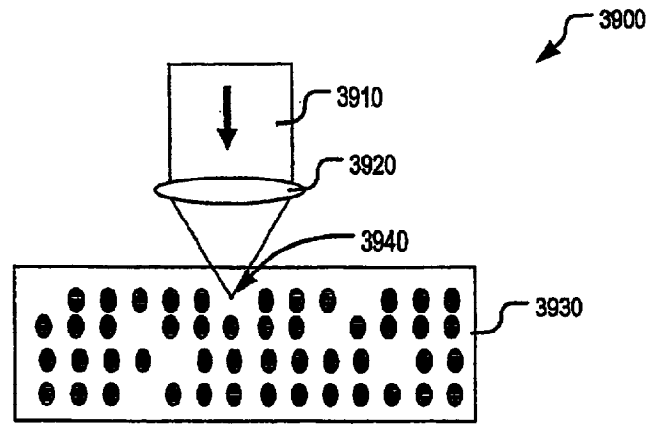
Фиг.36



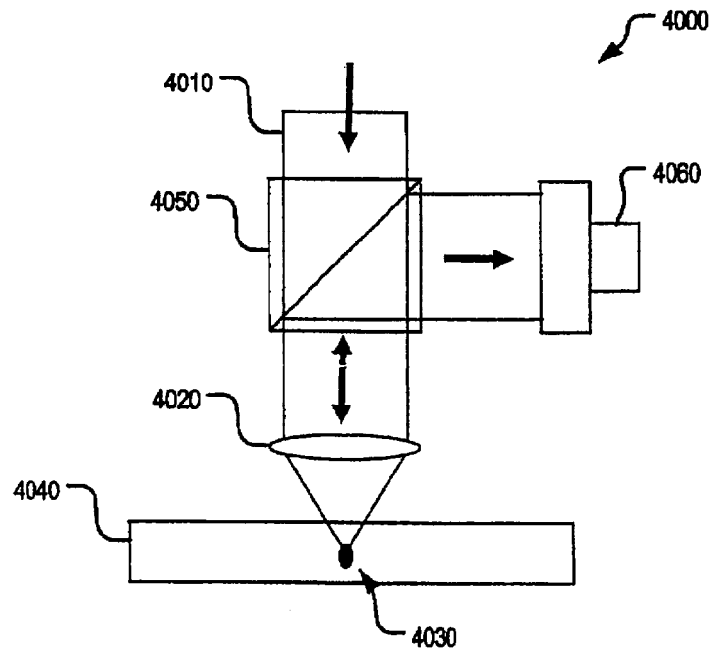
Фиг.37



Фиг.38



Фиг.39



Фиг.40